

明 細 書

有機薄膜トランジスタ

技術分野

本発明は、有機半導体層を有する有機薄膜トランジスタに関し、特に、高い電子移動度を有する化合物を含み高速動作が可能な有機薄膜トランジスタに関するものである。

背景技術

薄膜トランジスタ（T F T）は、液晶表示装置等の表示用のスイッチング素子として広く用いられている。従来の代表的なT F Tの断面構造を図8に示す。同図に示すように、T F Tは、基板上にゲート電極及び絶縁体層をこの順に有し、絶縁体層上に、所定の間隔をあけて形成されたソース電極及びドレイン電極を有している。双方の電極の一部表面を含み、電極間に露出する絶縁体層上には、半導体層が形成されている。このような構成のT F Tでは、半導体層がチャネル領域を成しており、ゲート電極に印加される電圧でソース電極とドレイン電極の間に流れる電流が制御されることによってオン／オフ動作する。このように動作する型のトランジスタは一般に電界効果トランジスタ（F E T）と呼ばれる。このF E Tは、流れる電流が電子か、正孔かによりn型F E T及びp型F E Tの2種類が知られており、2種類のF E Tはしばしば1対で用いられ、それはC M O Sとして知られており、C M O Sを用いると低消費電力で駆動する回路が実現できるため現在の集積回路には欠くことのできない技術となっている。

従来、このT F Tは、アモルファスや多結晶のシリコンを用いて作製されて

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

いたが、このようなシリコンを用いたT F Tの作製に用いられるC V D装置は、非常に高額であり、T F Tを用いた表示装置等の大型化は、製造コストの大幅な増加を伴うという問題点があった。また、アモルファスや多結晶のシリコンを成膜するプロセスは非常に高い温度下で行われるので、基板として使用可能な材料の種類が限られてしまうため、軽量の樹脂基板等は使用できないという問題があった。

このような問題を解決するために、アモルファスや多結晶のシリコンに代えて有機物を用いたT F Tが提案されている。有機物でT F Tを形成する際に用いる成膜方法として真空蒸着法や塗布法等が知られているが、これらの成膜方法によれば、製造コストの上昇を抑えつつ素子の大型化が実現可能になり、成膜時に必要となるプロセス温度を比較的低温にすることができる。このため、有機物を用いたT F Tでは、基板に用いる材料の選択時の制限が少ないといった利点があり、その実用化が期待されており、有機物を用いたT F Tについて盛んに報告されるようになり、例えば、F. Ebisawaら, Journal of Applied Physics, 54巻, 3255頁, 1983年、A. Assadi ら, Applied Physics Letter, 53巻, 195頁, 1988年、G. Guillaud ら, Chemical Physics Letter, 167巻, 503頁, 1990年、X. Peng ら, Applied Physics Letter, 57巻, 2013頁, 1990年、G. Horowitz ら, Synthetic Metals, 41-43巻, 1127頁, 1991年、S. Miyauchi ら, Synthetic Metals, 41-43巻, 1991年、H. Fuchigamiら, Applied Physics Letter, 63巻, 1372頁, 1993年、H. Koezuka ら, Applied Physics Letter, 62巻, 1794頁, 1993年、F. Garnier ら, Science, 265巻, 1684頁, 1994年、A. R. Brownら, Synthetic Metals, 68巻, 65頁, 1994年、A. Dodabalapur ら, Science, 268巻, 270頁, 1995年、T. Sumimotoら, Synthetic Metals, 86巻, 2259頁, 1997

年、K. Kudoら、Thin Solid Films, 331巻, 51頁, 1998年、K. Kudoら、Synthetic Metals, 102巻, 900頁, 1999年、K. Kudoら、Synthetic Metals, 111-112巻, 11頁、2000年などを挙げることができる。

また、TFETの有機化合物層に用いる有機物としては、共役系ポリマーやチオフェンなどの多量体（特開平8-228034号公報、特開平8-228035号公報、特開平9-232589号公報、特開平10-125924号公報及び特開平10-190001号公報等）、金属フタロシアニン化合物（特開2000-174277号公報等）、ペンタセンなどの縮合芳香族炭化水素（特開平5-55568号公報及び特開2001-94107号公報等）などが、単体又は他の化合物との混合物の状態で用いられている。ところがこのようなTFETに用いられている有機物はそのほとんどがp型FETの材料であり、n型FETの材料は非常に限られておりその性能を表す移動度も小さい。n型FETの材料としては、例えば、特開平10-135481号公報には、1,4,5,8-ナフタレンテトラカルボキシルジアンヒドライド（NTCDA）、11,11,12,12-テトラシアノナフト-2,6-キノジメタン（TCNNQD）、1,4,5,8-ナフタレンテトラカルボキシルジイミド（NTCDI）等が開示されており、特開平11-251601号公報には、フッ素化フタロシアニンが開示されているにすぎない。

一方、同じように電子伝導を用いるデバイスとして有機エレクトロルミネッセンス（EL）素子があるが、有機EL素子が、一般に100nm以下の超薄膜の膜厚方向に 10^6V/cm 以上の強電界をかけ強制的に電荷を流しているのに対し、有機TFETの場合には数 μm 以上の距離を 10^5V/cm 以下の電界で高速に電荷を流す必要があり、有機物自体に、さらなる電導性が必要になる。

しかしながら、従来のn型有機TFETにおける上記化合物は電子を移動させる能力に乏しく、電子の電界効果移動度が小さく、応答速度が遅く、トランジ

スタとしての高速応答性に問題があった。また、オン／オフ比も小さかった。ここで言うオン／オフ比とは、ゲート電圧かけたとき（オン）のソースドレイン間に流れる電流を、ゲート電圧をかけないとき（オフ）のソースドレイン間に流れる電流で割った値であり、オン電流とは通常はゲート電圧を増加させていき、ソースドレイン間に流れる電流が飽和したときの電流値（飽和電流）のことである。

発明の開示

本発明は、前記の課題を解決するためになされたもので、応答速度（駆動速度）が高速で、しかもオン／オフ比が大きい有機薄膜トランジスタを提供することを目的とする。

本発明者らは、前記目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、有機薄膜トランジスタの有機半導体層に特定構造の含窒素ヘテロ環化合物を材料として用いることにより応答速度（駆動速度）を高速化することができることを見出し本発明を完成したものである。

すなわち、本発明は、少なくとも基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の3端子、絶縁体層及び有機半導体層が設けられ、ソースドレイン間電流をゲート電極に電圧を印加することによって制御する薄膜トランジスタにおいて、前記有機半導体層が、縮合部位に窒素原子を有する5員環と5員環又は6員環とが縮合した含窒素ヘテロ環化合物を含む有機薄膜トランジスタを提供するものである。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図2は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図 3 は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図 4 は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図 5 は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図 6 は、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成の一例を示す図である。

図 7 は、本発明の実施例 1 における有機薄膜トランジスタの素子構成及びそれを用いた回路構成を示す図である。

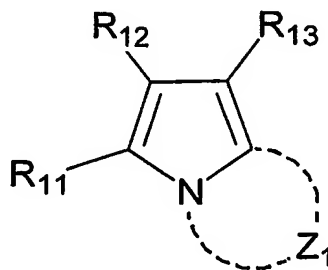
図 8 は、従来の代表的なトランジスタの素子構成の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の有機薄膜トランジスタは、少なくとも基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の 3 端子、絶縁体層及び有機半導体層が設けられ、ソースーンドレイン間電流をゲート電極に電圧を印加することによって制御する薄膜トランジスタにおいて、前記有機半導体層が、縮合部位に窒素原子を有する 5 員環と 5 員環又は 6 員環とが縮合した含窒素ヘテロ環化合物を含むものである。

前記含窒素ヘテロ環化合物として、下記一般式 (I) ~ (VII) のいずれかで表される化合物であると好ましい。

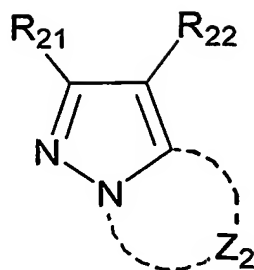
(I)



(式中、 R_{11} 、 R_{12} 及び R_{13} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

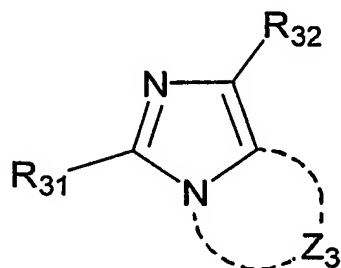
Z_1 は 5 員環又は 6 員環を形成する原子群を表す。)

(II)



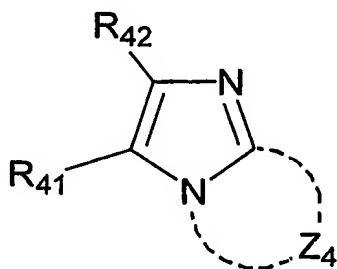
(式中、 R_{21} 及び R_{22} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_2 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

(III)



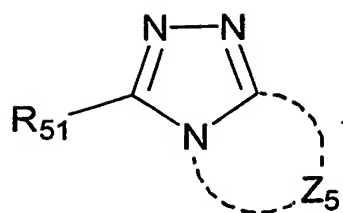
(式中、 R_{31} 及び R_{32} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_3 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

(IV)



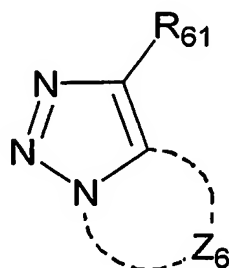
(式中、 R_{41} 及び R_{42} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_4 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

(V)



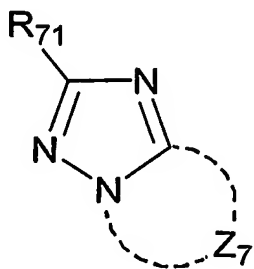
(式中、 R_{51} は水素原子又は置換基を表す。 Z_5 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

(VI)



(式中、 R_{61} は水素原子又は置換基を表す。 Z_6 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

(VII)



(式中、 R_{71} は水素原子又は置換基を表す。 Z_7 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

なお、一般式 (I) ~ (VII) は極限構造式で表しているが、その互変異性体であってもよい。

一般式 (I) ~ (VII)において、 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{13} 、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{31} 、 R_{32} 、 R_{41} 、 R_{42} 、 R_{51} 、 R_{52} 及び R_{71} の置換基の例としては、それぞれ独立に、アルキル基（好ましくは炭素数1~80、より好ましくは炭素数1~40、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばメチル、エチル、i s o -プロピル、t e r t -ブチル、n -オクチル、n -デシル、n -ヘキサデシル、シクロプロピル、シクロペンチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。）、アルケニル基（好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~12、特に好ましくは炭素数2~8であり、例えばビニル、アリル、2 -ブテニル、3 -ペンテニルなどが挙げられる。）、アルキニル基（好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~12、特に好ましくは炭素数2~8であり、例えばプロパルギル、3 -ペンチニルなどが挙げられる。）、アリール基（好ましくは炭素数6~80、より好ましくは炭素数6~40、特に好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニル、p -メチルフェニル、ナフチルなどが挙げられる。）、アミノ基（好ましくは炭素数0~40、より好ましくは炭素数0~20、特に好ましくは炭素数0~6であり、例えばアミノ、メチルアミノ、ジメチルアミノ、ジエチルアミノ、ジベンジルアミノなどが挙げられる。）、アルコキシル基（好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~12、特に好ましくは炭素数1~8であり、例えばメトキシ、エトキシ、ブトキシなどが挙げられる。）、アリールオキシ基（好ましくは炭素数6~20、より好ましくは炭素数6~16、特に好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニルオキシ、2 -ナフチルオキシなどが挙げられる。）、アシル基（好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばアセチル、ベンゾイル、ホルミル、ピバロイルなどが挙げられる。）、アルコキシカルボニル基（好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~16、特に好ましくは炭素数2~12であり、例えばメト

キシカルボニル、エトキシカルボニルなどが挙げられる。)、アリアルオキシカルボニル基(好ましくは炭素数7~20、より好ましくは炭素数7~16、特に好ましくは炭素数7~10であり、例えばフェニルオキシカルボニルなどが挙げられる。)、アシルオキシ基(好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~16、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセトキシ、ベンゾイルオキシなどが挙げられる。)、アシルアミノ基(好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~16、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセチルアミノ、ベンゾイルアミノなどが挙げられる。)、アルコキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数2~20、より好ましくは炭素数2~16、特に好ましくは炭素数2~12であり、例えばメトキシカルボニルアミノなどが挙げられる。)、アリアルオキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数7~20、より好ましくは炭素数7~16、特に好ましくは炭素数7~12であり、例えばフェニルオキシカルボニルアミノなどが挙げられる。)、スルホニルアミノ基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばメタンスルホニルアミノ、ベンゼンスルホニルアミノなどが挙げられる。)、スルファモイル基(好ましくは炭素数0~20、より好ましくは炭素数0~16、特に好ましくは炭素数0~12であり、例えばスルファモイル、メチルスルファモイル、ジメチルスルファモイル、フェニルスルファモイルなどが挙げられる。)、カルバモイル基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばカルバモイル、メチルカルバモイル、ジエチルカルバモイル、フェニルカルバモイルなどが挙げられる。)、アルキルチオ基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばメチルチオ、エチルチオなどが挙げられる。)、アリアルチオ基(好ましくは炭素数6~20、より好ましく

は炭素数 6 ～ 16、特に好ましくは炭素数 6 ～ 12 であり、例えばフェニルチオなどが挙げられる。)、スルホニル基(好ましくは炭素数 1 ～ 20、より好ましくは炭素数 1 ～ 16、特に好ましくは炭素数 1 ～ 12 であり、例えばメシル、トシルなどが挙げられる。)、スルフィニル基(好ましくは炭素数 1 ～ 20、より好ましくは炭素数 1 ～ 16、特に好ましくは炭素数 1 ～ 12 であり、例えばメタンスルフィニル、ベンゼンスルフィニルなどが挙げられる。)、ウレイド基(好ましくは炭素数 1 ～ 20、より好ましくは炭素数 1 ～ 16、特に好ましくは炭素数 1 ～ 12 であり、例えばウレイド、メチルウレイド、フェニルウレイドなどが挙げられる。)、リン酸アミド基(好ましくは炭素数 1 ～ 20、より好ましくは炭素数 1 ～ 16、特に好ましくは炭素数 1 ～ 12 であり、例えばジエチルリン酸アミド、フェニルリン酸アミドなどが挙げられる。)、ヒドロキシ基、メルカプト基、ハロゲン原子(例えばフッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子)、シアノ基、スルホ基、カルボキシ基、ニトロ基、ヒドロキサム酸基、スルフィノ基、ヒドラジノ基、イミノ基、ヘテロ環基(好ましくは炭素数 1 ～ 20、より好ましくは炭素数 1 ～ 12 であり、ヘテロ原子としては、例えば窒素原子、酸素原子、硫黄原子、具体的には例えばイミダゾリル、ピリジル、キノリル、フリル、ピペリジル、モルホリノ、ベンズオキサゾリル、ベンズイミダゾリル、ベンズチアゾリルなどが挙げられる。)などが挙げられる。これらの置換基はさらに置換されてもよい。また、置換基が二つ以上ある場合は、同じでも異なってもよい。また、可能な場合には連結して環を形成してもよい。

置換基として好ましくは、アルキル基、アルケニル基、アラルキル基、アリール基、アシル基、アルコキシ基、アリーロキシ基、アシルオキシ基、アルコキシカルボニル基、アリーロキシカルボニル基、カルボニルアミノ基、スルホニルアミノ基、スルファモイル基、カルバモイル基、シアノ基、ハロゲ

ン原子、ヒドロキシ基、ヘテロ環基であり、より好ましくはアルキル基、アルケニル基、アラルキル基、アリール基、アシル基、アルコキシカルボニル基、カルボニルアミノ基、スルホニルアミノ基、シアノ基、ハロゲン原子、芳香族ヘテロ環基であり、さらに好ましくはアルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族アゾール基である。

一般式 (I) の Z_1 の原子群が形成する 5 員環又は 6 員環としては、例えば、ピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾール、チアゾール、チアジアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはイミダゾール、トリアゾール、トリアジン、ピリミジンであり、より好ましくはイミダゾール、トリアゾール、トリアジンであり、さらに好ましくはトリアゾールである。

一般式 (II) の Z_2 の原子群が形成する 5 員環又は 6 員環としては、例えば、ピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾール、チアゾール、チアジアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはイミダゾール、トリアゾール、トリアジン、ピリミジンであり、より好ましくはイミダゾール、トリアゾール、トリアジンであり、さらに好ましくはイミダゾール、トリアゾールである。

一般式 (III) の Z_3 の原子群が形成する 5 員環又は 6 員環としては、例えば、ピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾール、チアゾール、チアジアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾールであり、より好ましくはピロール、ピラゾール、トリアゾールであり、さらに好ましくはピロール、ピラゾールである。

一般式 (IV) の Z_4 の原子群が形成する 5 員環又は 6 員環としては、例えば、

ピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾール、チアゾール、チアジアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはピロール、ピラゾール、イミダゾール、トリアゾールであり、より好ましくはピロール、ピラゾール、トリアゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンであり、さらに好ましくはピリジン、ピロール、ピラジン、ピラゾールである。

一般式(V)のZ₅の原子群が形成する5員環又は6員環としては、例えば、ピロール、ピラゾール、イミダゾール、チアゾール、オキサゾール、トリアジン、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはピロール、ピラゾール、イミダゾール、ピリミジン、ピラジン、ピリダジンであり、より好ましくはピロール、ピラゾール、ピリミジン、ピリダジンであり、さらに好ましくはピロール、ピラゾールである。

一般式(VI)のZ₆の原子群が形成する5員環又は6員環としては、例えば、ピロール、イミダゾール、チアゾール、オキサゾール、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはピロール、イミダゾール、ピリミジン、ピラジン、ピリダジンであり、より好ましくはピロール、ピリミジン、ピラジン、ピリダジンであり、さらに好ましくはピロール、ピリミジンである。

一般式(VII)のZ₇の原子群が形成する5員環又は6員環としては、例えば、ピロール、イミダゾール、チアゾール、オキサゾール、ピリミジン、ピリジン、ピラジン、ピリダジンなどが挙げられ、好ましくはピロール、イミダゾール、ピリミジン、ピラジン、ピリダジンであり、より好ましくはピロール、ピリミジン、ピラジン、ピリダジンであり、さらに好ましくはピロール、ピリミジンである。

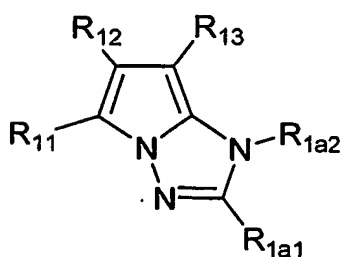
Z₁ ~ Z₇ で形成される5または6員環は置換基を有してもよく、置換基と

しては、前記 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{13} 、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{31} 、 R_{32} 、 R_{41} 、 R_{42} 、 R_{51} 、 R_{61} 及び R_{71} で説明したものと同様の例を挙げることができ、好ましい置換基も同様である。

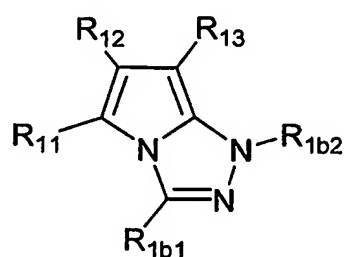
前記一般式 (I) で表される化合物は、下記一般式 (I-a) ~ (I-f) のいずれかで表される化合物であると好ましく、(I-a) ~ (I-c) のいずれかで表される化合物であるとさらに好ましい。

(I-a)

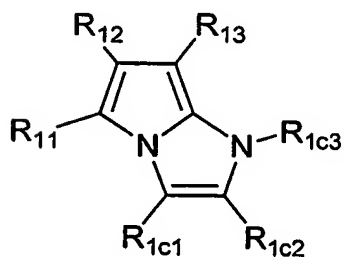
(I-b)



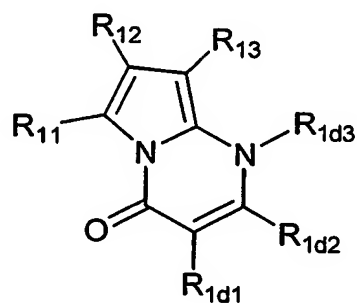
(I-c)



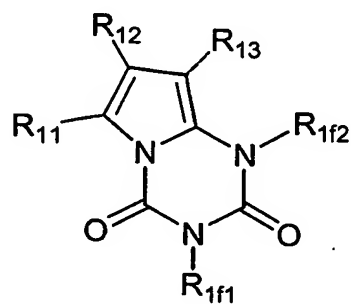
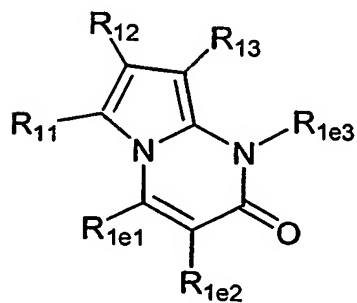
(I-d)



(I-e)



(I-f)



一般式 (I-a) ~ (I-f) において、 R_{11} 、 R_{12} 及び R_{13} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (I-a) ~ (I-f) において、 R_{1a1} 、 R_{1a2} 、 R_{1b1} 、 R_{1b2} 、 R_{1c1} 、 R_{1c2} 、 R_{1c3} 、 R_{1d1} 、 R_{1d2} 、 R_{1d3} 、 R_{1e1} 、 R_{1e2} 、 R_{1e3} 、 R_{1f1} 及び R_{1f2} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{1a1} 、 R_{1b1} 、 R_{1c1} 、 R_{1c2} 、 R_{1d1} 、 R_{1d2} 、 R_{1e1} 及び R_{1e2} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} 、 R_{12} 及び R_{13} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{1a2} 、 R_{1b2} 、 R_{1c3} 、 R_{1d3} 、 R_{1e3} 、 R_{1f1} 及び R_{1f2} で表される置換基としては、それぞれ独立に、例えば、アルキル基（好ましくは炭素数 1 ~ 20、より好ましくは炭素数 1 ~ 12、特に好ましくは炭素数 1 ~ 8 であり、例えばメチル、エチル、i s o - プロピル、t e r t - プロピル、n - オクチル、n - デシル、n - ヘキサデシル、シクロプロピル、シクロペンチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。）、アルケニル基（好ましくは炭素数 2 ~ 20、より好ましくは炭素数 2 ~ 12、特に好ましくは炭素数 2 ~ 8 であり、例えばビニル、アリル、2 - プロテニル、3 - ペンテニルなどが挙げられる。）、アルキニル基（好ましくは炭素数 2 ~ 20、より好ましくは炭素数 2 ~ 12、特に好ましくは炭素数 2 ~ 8 であり、例えばプロパルギル、3 - ペンチニルなどが挙げられる。）、アリール基（好ましくは炭素数 6 ~ 30、より好ましくは炭素数 6 ~ 20、特に好ましくは炭素数 6 ~ 12 であり、例えばフェニル、p - メチルフェニル、ナフチルなどが挙げられる。）、アシル基（好ましくは炭素数 1 ~ 20、より好ましくは炭素数 1 ~ 16、特に好ましくは炭素数 1 ~ 12 であり、例えばアセチル、ベンゾイル、ホルミル、ピバロイルなどが挙げられる。）、アルコキシカルボニル基（好ましくは炭素数 2 ~ 20、より好ましくは炭素数 2 ~ 16、特に好ましくは炭素数 2 ~ 12 であり、例えばメトキ

シカルボニル、エトキシカルボニルなどが挙げられる。)、アリアルオキシカルボニル基(好ましくは炭素数7~20、より好ましくは炭素数7~16、特に好ましくは炭素数7~10であり、例えばフェニルオキシカルボニルなどが挙げられる。)、スルファモイル基(好ましくは炭素数0~20、より好ましくは炭素数0~16、特に好ましくは炭素数0~12であり、例えばスルファモイル、メチルスルファモイル、ジメチルスルファモイル、フェニルスルファモイルなどが挙げられる。)、カルバモイル基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばカルバモイル、メチルカルバモイル、ジエチルカルバモイル、フェニルカルバモイルなどが挙げられる。)、スルホニル基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばメシル、トシルなどが挙げられる。)、スルフィニル基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~16、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばメタンスルフィニル、ベンゼンスルフィニルなどが挙げられる。)、ヘテロ環基(好ましくは炭素数1~20、より好ましくは炭素数1~12であり、ヘテロ原子としては、例えば窒素原子、酸素原子、硫黄原子、具体的には例えばイミダゾリル、ピリジル、キノリル、フリル、ピペリジル、モルホリノ、ベンズオキサゾリル、ベンズイミダゾリル、ベンズチアゾリルなどが挙げられる。)などが挙げられ、好ましくは、アルキル基、アルケニル基、アラルキル基、アリアル基、アシル基、ヘテロ環基であり、より好ましくはアルキル基、アリアル基、芳香族ヘテロ環基である。

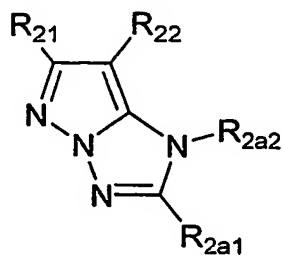
前記R_{1a1}、R_{1b1}、R_{1c1}、R_{1c2}、R_{1d1}、R_{1d2}、R_{1e1}及びR_{1e2}として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリアル基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

前記R_{1a2}、R_{1b2}、R_{1c3}、R_{1d3}、R_{1e3}、R_{1f1}及びR_{1f2}として好

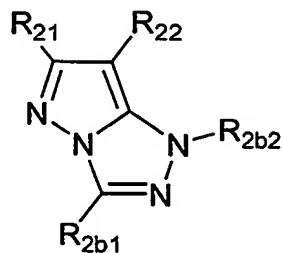
ましくは、水素原子、アルキル基、アリール基、芳香族ヘテロ環基である。

前記一般式 (II) で表される化合物は、下記一般式 (II-a) ~ (II-f) のいずれかで表される化合物であると好ましく、(II-a) ~ (II-c) のいずれかで表される化合物であるとさらに好ましい。

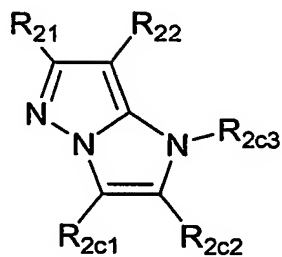
(II-a)



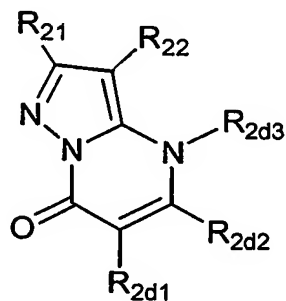
(II-b)



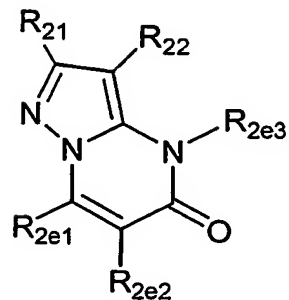
(II-c)



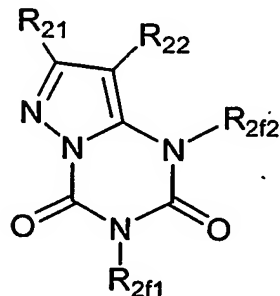
(II-d)



(II-e)



(II-f)



一般式 (II-a) ~ (II-f) において、 R_{21} 及び R_{22} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (II-a) ~ (II-f) において、 R_{2a1} 、 R_{2a2} 、 R_{2b1} 、 R_{2b2} 、 R_{2c1} 、 R_{2c2} 、 R_{2c3} 、 R_{2d1} 、 R_{2d2} 、 R_{2d3} 、 R_{2e1} 、 R_{2e2} 、 R_{2e3} 、 R_{2f1} 及び R_{2f2} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{2a1} 、 R_{2b1} 、 R_{2c1} 、 R_{2c2} 、 R_{2d1} 、 R_{2d2} 、 R_{2e1} 及び R_{2e2} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

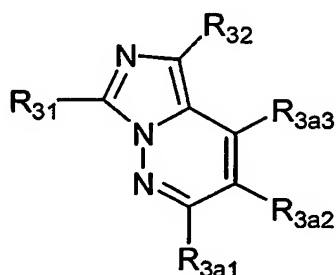
前記 R_{2a2} 、 R_{2b2} 、 R_{2c3} 、 R_{2d3} 、 R_{2e3} 、 R_{2f1} 及び R_{2f2} で表される置換基としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{2a1} 、 R_{2b1} 、 R_{2c1} 、 R_{2c2} 、 R_{2d1} 、 R_{2d2} 、 R_{2e1} 及び R_{2e2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

前記 R_{2a2} 、 R_{2b2} 、 R_{2c3} 、 R_{2d3} 、 R_{2e3} 、 R_{2f1} 及び R_{2f2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アリール基、芳香族ヘテロ環基である。

前記一般式 (III) で表される化合物は、下記一般式 (III-a) ~ (III-c) で表される化合物であるとさらに好ましい。

(III-a)



一般式 (III-a) において、 R_{31} 及び R_{32} は前記と同じであり、具体例及

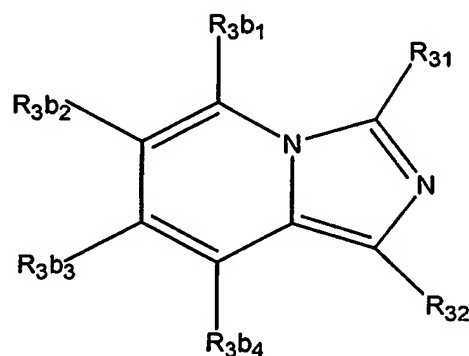
び好ましい例も同じである。

一般式 (III-a) において、 R_{3a1} 、 R_{3a2} 及び R_{3a3} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{3a1} 、 R_{3a2} 及び R_{3a3} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{3a1} 、 R_{3a2} 及び R_{3a3} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

(III-b)



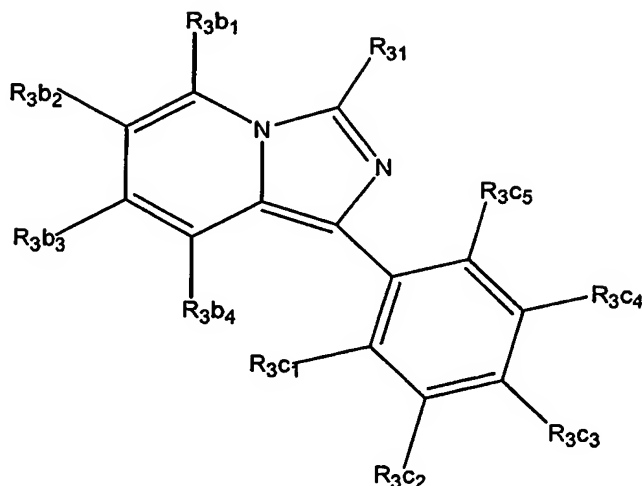
一般式 (III-b) において、 R_{31} 及び R_{32} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (III-b) において、 R_{3b1} ~ R_{3b4} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としては、例えば、アルキル基、シクロアルキル基、アラルキル基、アルケニル基、シクロアルケニル基、アルキニル基、水酸基、メルカプト基、アルコキシル基、アルキルチオ基、アリールエーテル基、アリールチオエーテル基、アリール基、複素環基、ハロゲン原子、ハロアルカン残基、ハロアルケン残基、ハロアルキン残基、シアノ基、アルデヒド基、カルボニル基、カルボキシル基、エステル基、カルバモイル基、アミノ基、ニト

ロ基、シリル基、シロキサニル基等が挙げられ、隣接置換基と環構造を形成していてもよい。

また、一般式 (III-b) は、以下の一般式 (III-c) で表されると好ましい。

(III-c)



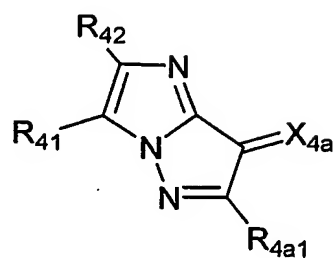
一般式 (III-c) において、 R_{31} 及び $R_{3b1} \sim R_{3b4}$ は前記と同じである。

一般式 (III-c) において、 $R_{3c1} \sim R_{3c5}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としては、例えば、アルキル基、シクロアルキル基、アラルキル基、アルケニル基、シクロアルケニル基、アルキニル基、水酸基、メルカプト基、アルコキシル基、アルキルチオ基、アリアルエーテル基、アリアルチオエーテル基、アリアル基、複素環基、ハロゲン原子、ハロアルカン残基、ハロアルケン残基、ハロアルキン残基、シアノ基、アルデヒド基、カルボニル基、カルボキシル基、エステル基、カルバモイル基、アミノ基、ニトロ基、シリル基、シロキサニル基等が挙げられ、隣接置換基と環構造を形成していてもよい。

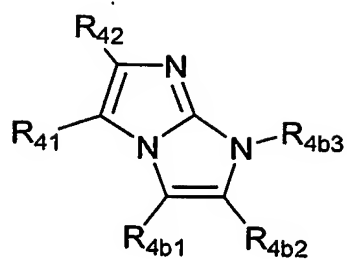
前記一般式 (IV) で表される化合物は、下記一般式 (IV-a) ~ (IV-g) のいずれかで表される化合物であると好ましく、(IV-a) ~ (IV-b) のい

ずれかで表される化合物であるとさらに好ましい。

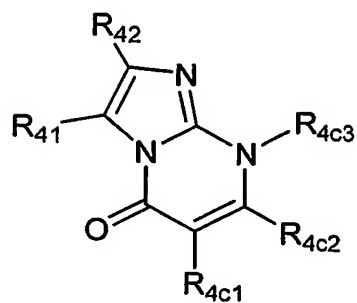
(IV-a)



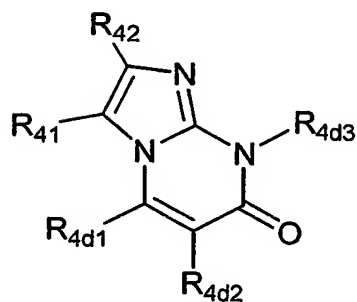
(IV-b)



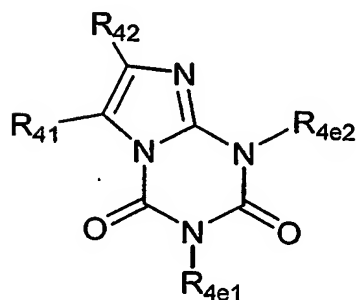
(IV-c)



(IV-d)



(IV-e)



一般式 (IV-a) ~ (IV-e) において、 R_{41} 及び R_{42} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (IV-a) ~ (IV-e) において、 R_{4a1} 、 R_{4b1} 、 R_{4b2} 、 R_{4b3} 、 R_{4c1} 、 R_{4c2} 、 R_{4c3} 、 R_{4d1} 、 R_{4d2} 、 R_{4d3} 、 R_{4e1} 及び R_{4e2} は、そ

れぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{4a1} 、 R_{4b1} 、 R_{4b2} 、 R_{4c1} 、 R_{4c2} 、 R_{4d1} 及び R_{4d2} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

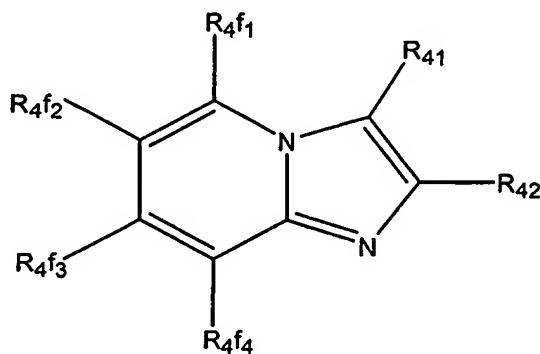
前記 R_{4b3} 、 R_{4c3} 、 R_{4d3} 、 R_{4e1} 及び R_{4e2} で表される置換基としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{4a1} 、 R_{4b1} 、 R_{4b2} 、 R_{4c1} 、 R_{4c2} 、 R_{4d1} 及び R_{4d2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

前記 R_{4b3} 、 R_{4c3} 、 R_{4d3} 、 R_{4e1} 及び R_{4e2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アリール基、芳香族ヘテロ環基である。

一般式 (IV-a) において、 X_{4a} は、 $CR_{4a2}(R_{4a3})$ 又は NR_{4a4} で表され、 R_{4a2} 及び R_{4a3} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としてはそれぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じであり、 R_{4a4} は水素原子又は置換基を表し、置換基としては前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

(IV-f)

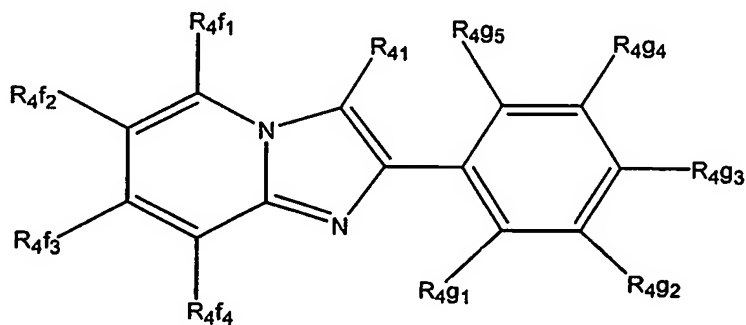


一般式 (IV-f) において、 R_{41} 及び R_{42} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (IV-f) において、 $R_{4f1} \sim R_{4f4}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としては、アルキル基、シクロアルキル基、アラルキル基、アルケニル基、シクロアルケニル基、アルキニル基、水酸基、メルカプト基、アルコキシル基、アルキルチオ基、アリアルエーテル基、アリアルチオエーテル基、アリアル基、複素環基、ハロゲン原子、ハロアルカン残基、ハロアルケン残基、ハロアルキン残基、シアノ基、アルデヒド基、カルボニル基、カルボキシ基、エステル基、カルバモイル基、アミノ基、ニトロ基、シリル基、シロキサニル基等が挙げられ、隣接置換基と環構造を形成していてもよい。

また、一般式 (IV-f) は、以下の一般式 (IV-g) で表されると好ましい。

(IV-g)



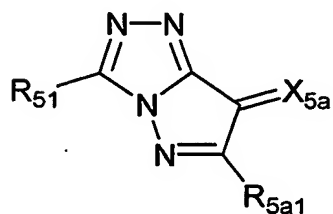
一般式 (IV-g) において、 R_{41} 及び $R_{4f1} \sim R_{4f4}$ は前記と同じである。

一般式 (IV-g) において、 $R_{4g1} \sim R_{4g5}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としては、アルキル基、シクロアルキル基、アラルキル基、アルケニル基、シクロアルケニル基、アルキニル基、水酸基、メルカプト基、アルコキシル基、アルキルチオ基、アリアルエーテル基、アリアルチオエーテル基、アリアル基、複素環基、ハロゲン原子、ハロアルカン残基、ハロアルケン残基、ハロアルキン残基、シアノ基、アルデヒド基、カルボニル基、

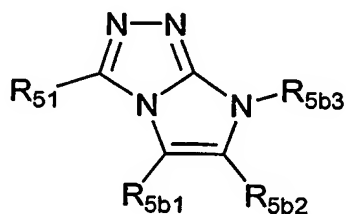
カルボキシル基、エステル基、カルバモイル基、アミノ基、ニトロ基、シリル基、シロキサニル基等が挙げられ、隣接置換基と環構造を形成していてもよい。

前記一般式 (V) で表される化合物は、下記一般式 (V-a) ~ (V-e) のいずれかで表される化合物であると好ましく、(V-a) ~ (V-b) のいずれかで表される化合物であるとさらに好ましい。

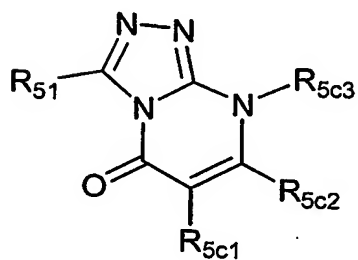
(V-a)



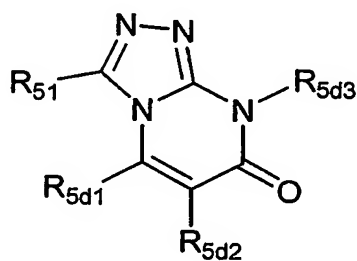
(V-b)



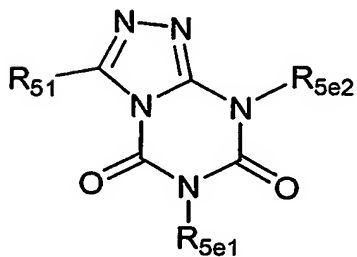
(V-c)



(V-d)



(V-e)



一般式 (V-a) ~ (V-e) において、 R_{5a} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (V-a) ~ (V-e) において、 R_{5a1} 、 R_{5b1} 、 R_{5b2} 、 R_{5b3} 、 R_{5c1} 、 R_{5c2} 、 R_{5c3} 、 R_{5d1} 、 R_{5d2} 、 R_{5d3} 、 R_{5e1} 及び R_{5e2} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{5a1} 、 R_{5b1} 、 R_{5b2} 、 R_{5c1} 、 R_{5c2} 、 R_{5d1} 及び R_{5d2} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{5b3} 、 R_{5c3} 、 R_{5d3} 、 R_{5e1} 及び R_{5e2} で表される置換基としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

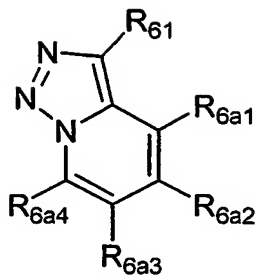
前記 R_{5a1} 、 R_{5b1} 、 R_{5b2} 、 R_{5c1} 、 R_{5c2} 、 R_{5d1} 及び R_{5d2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

前記 R_{5b3} 、 R_{5c3} 、 R_{5d3} 、 R_{5e1} 及び R_{5e2} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アリール基、芳香族ヘテロ環基である。

一般式 (V-a) において、 X_{5a} は、 $CR_{5a2}(R_{5a3})$ 又は NR_{5a4} で表され、 R_{5a2} 及び R_{5a3} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としてはそれぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じであり、 R_{5a4} は水素原子又は置換基を表し、置換基としては前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記一般式 (VI) で表される化合物は、下記一般式 (VI-a) で表される化合物であるとさらに好ましい。

(VI-a)

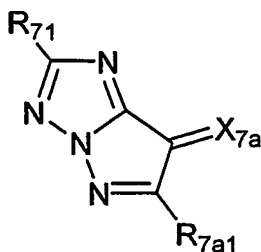


一般式 (VI-a) において、 R_{6a1} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

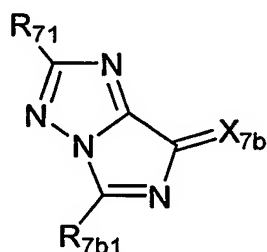
一般式 (VI-a) において、 R_{6a1} 、 R_{6a2} 、 R_{6a3} 及び R_{6a4} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基の例としては、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記一般式 (VII) で表される化合物は、下記一般式 (VII-a) ~ (VII-d) のいずれかで表される化合物であると好ましい。

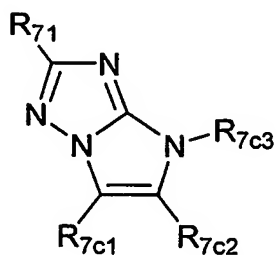
(VII-a)



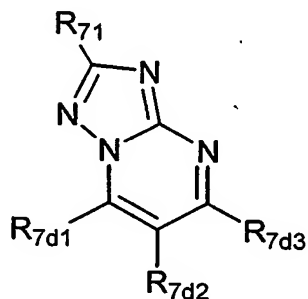
(VII-b)



(VII-c)



(VII-d)



一般式 (VII-a) ~ (VII-d) において、 R_{71} は前記と同じであり、具体例及び好ましい例も同じである。

一般式 (VII-a) ~ (VII-d) において、 R_{7a1} 、 R_{7b1} 、 R_{7b2} 、 R_{7c1} 、 R_{7c2} 、 R_{7c3} 、 R_{7d1} 、 R_{7d2} 及び R_{7d3} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。

前記 R_{7a1} 、 R_{7b1} 、 R_{7b2} 、 R_{7c1} 、 R_{7c2} 、 R_{7d1} 、 R_{7d2} 及び R_{7d3} で表される置換基の例としては、それぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{7c3} で表される置換基としては、前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

前記 R_{7a1} 、 R_{7b1} 、 R_{7b2} 、 R_{7c1} 、 R_{7c2} 、 R_{7c3} 、 R_{7d1} 、 R_{7d2} 及び R_{7d3} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アルケニル基、アリール基、アルコキシカルボニル基、シアノ基、芳香族ヘテロ環基である。

前記 R_{7c3} として好ましくは、水素原子、アルキル基、アリール基、芳香族ヘテロ環基である。

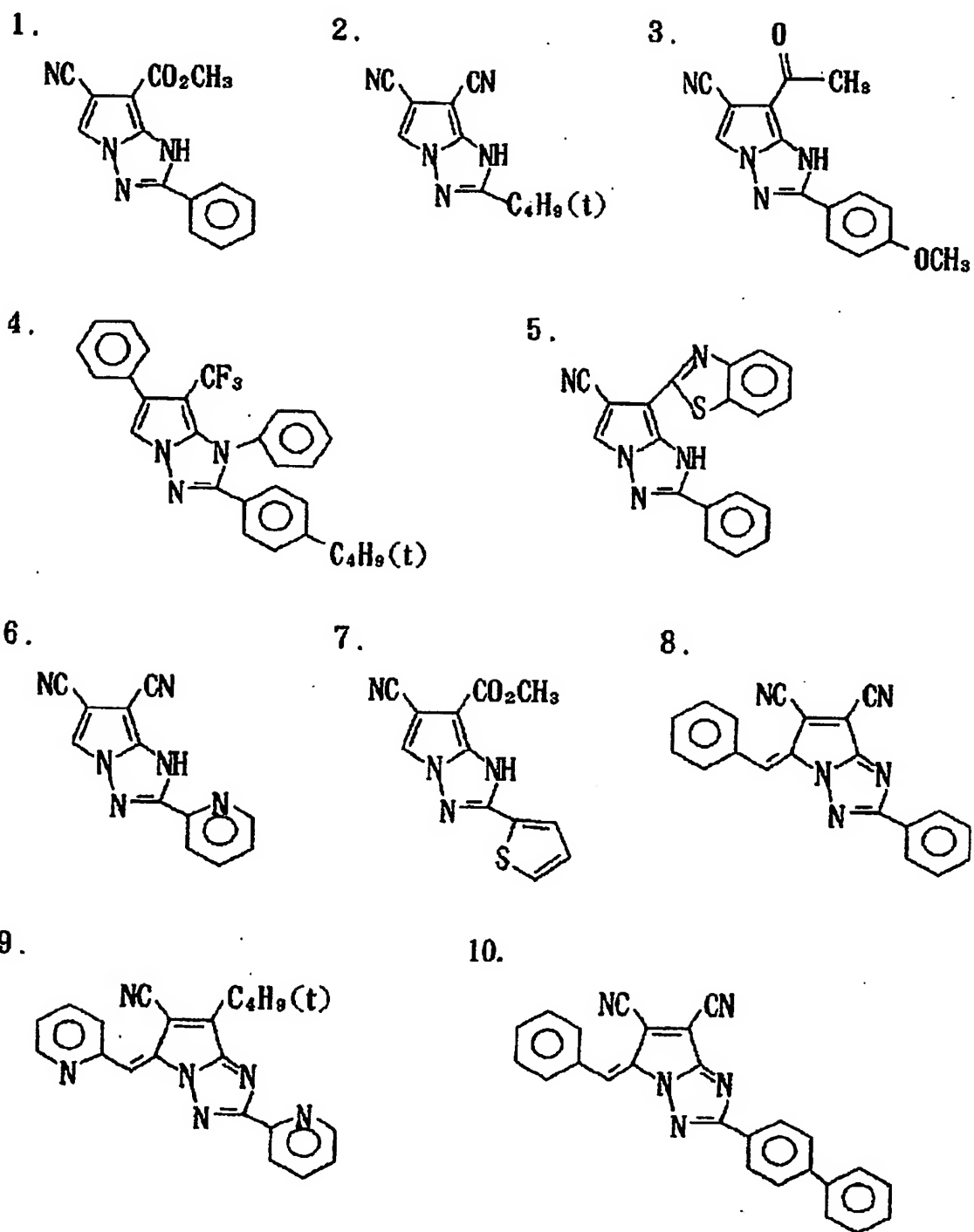
一般式 (VII-a) において、 X_{7a} 及び X_{7b} は、それぞれ独立に、 CR_{7a2} (R_{7a3}) 又は NR_{7a4} で表され、 R_{7a2} 及び R_{7a3} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表し、置換基としてはそれぞれ独立に、前記一般式 (I) の R_{11} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じであり、 R_{7a4} は水素原子又は置換基を表し、置換基としては前記一般式 (I-a) の R_{1a2} で説明したものと同様であり、好ましい例も同じである。

本発明のヘテロ環化合物は低分子量化合物であってもよく、残基がポリマー主鎖に接続された高分子量化合物（好ましくは重量平均分子量 1000 ~ 500000、特に好ましくは 5000 ~ 2000000、さらに好ましくは 10000 ~ 1000000）、又は本発明の化合物を主鎖にもつ高分子量化合物

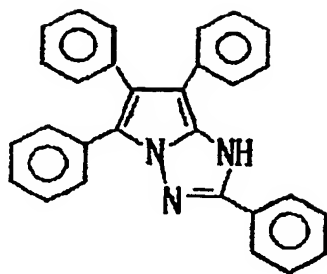
物（好ましくは重量平均分子量1000～5000000、特に好ましくは5000～2000000、さらに好ましくは10000～1000000）であってもよい。高分子量化合物の場合は、ホモポリマーであってもよいし、他のモノマーとの共重合体であってもよい。本発明で用いる化合物としては、好ましくは低分子量化合物である。

本発明の化合物は種々の合成法により合成することができ、例えば「COMPREHENSIVE HETEROCYCLIC CHEMISTRY」ALAN R. KATRITZKY, CHARLES W. REES 著（PERGAMON PRESS）、特開平4-174204号、同5-313号等に記載の方法を参考に合成できる。

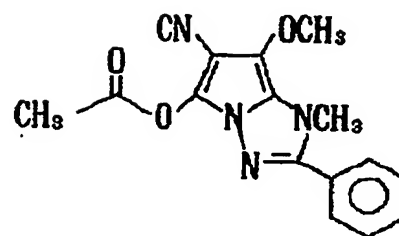
以下に本発明で用いる含窒素ヘテロ環化合物の具体例を挙げるが、これらに限定されるものではない。



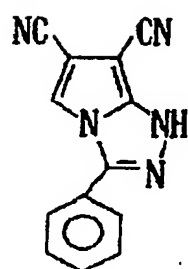
11.



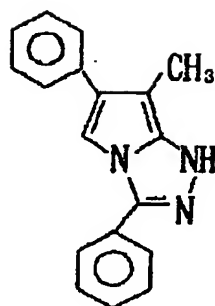
12.



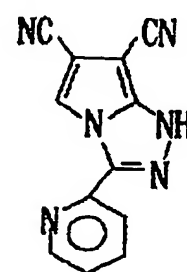
13.



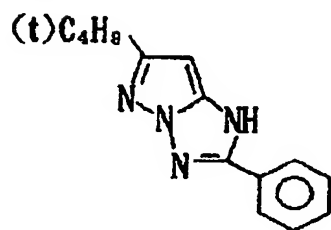
14.



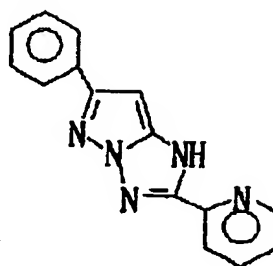
15.



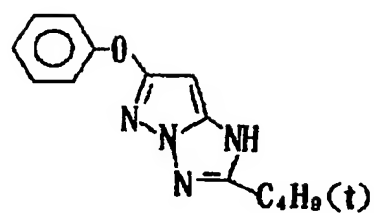
16.



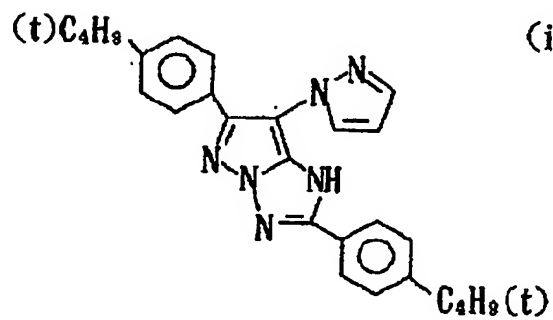
17.



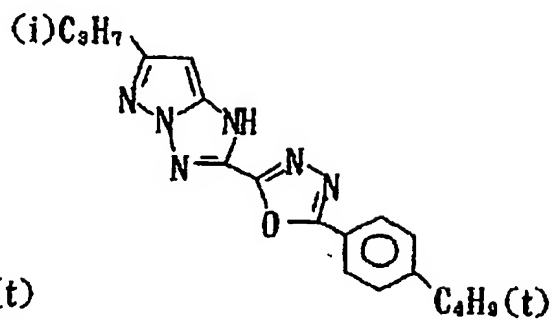
18.



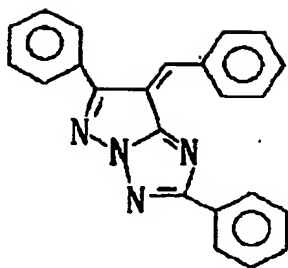
19.



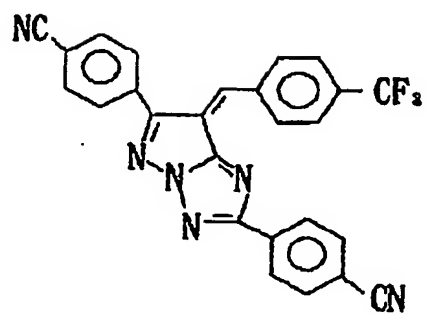
20.



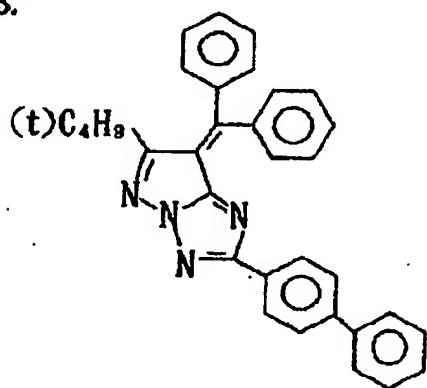
21.



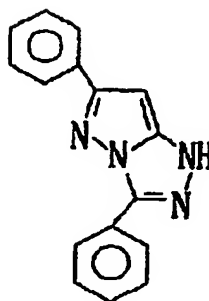
22.



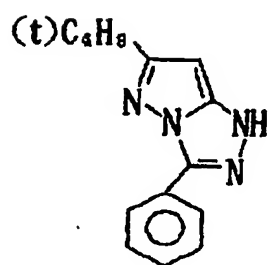
23.



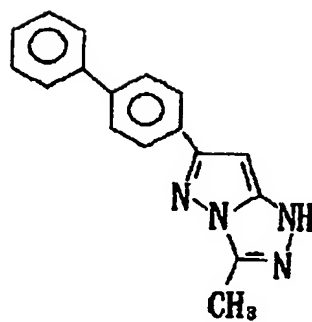
24.



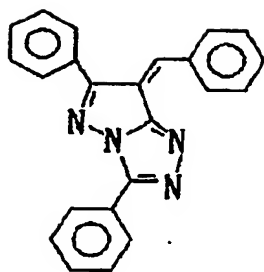
25.



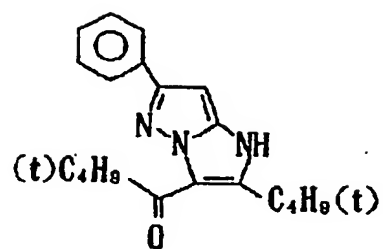
26.



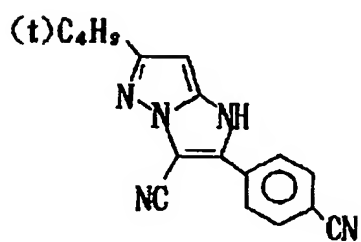
27.



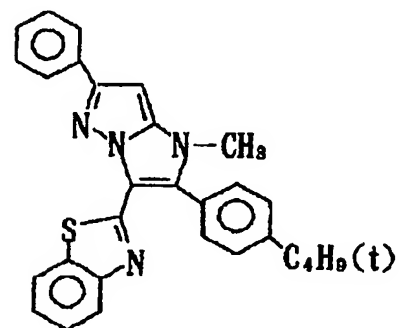
28.



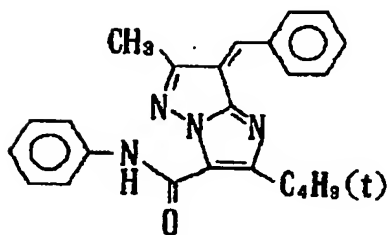
29.



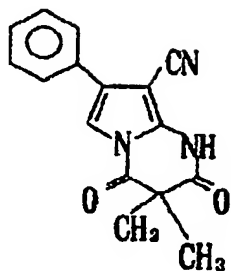
30.



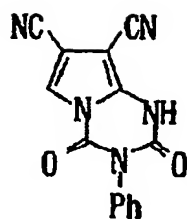
31.



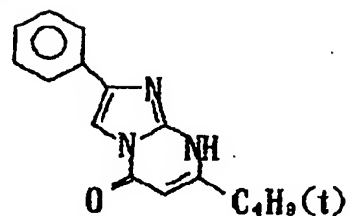
32.



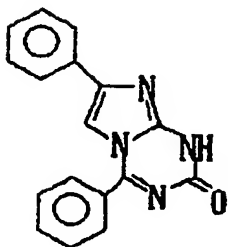
33.



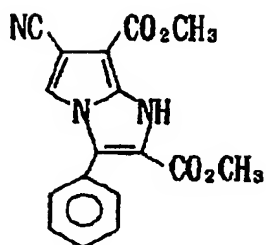
34.



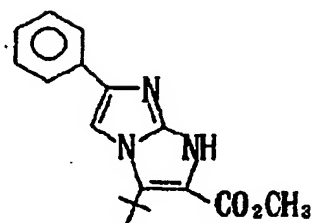
35.



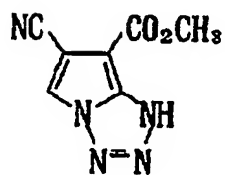
36.



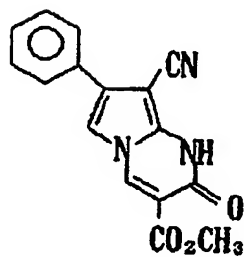
37.



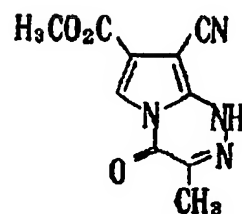
38.



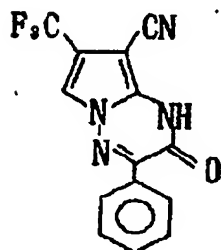
39.



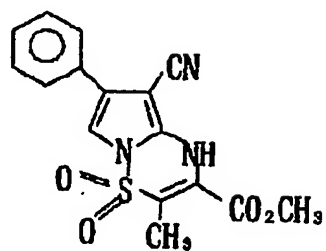
40.



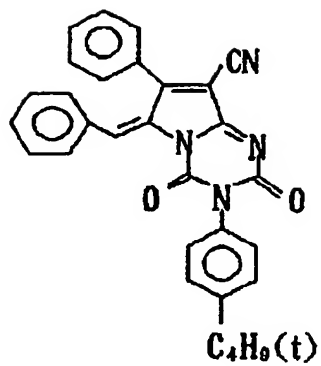
41.



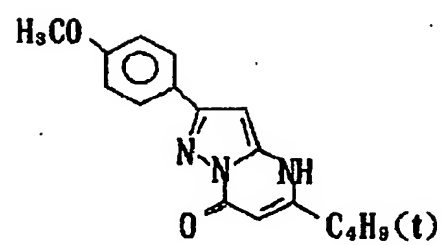
42.



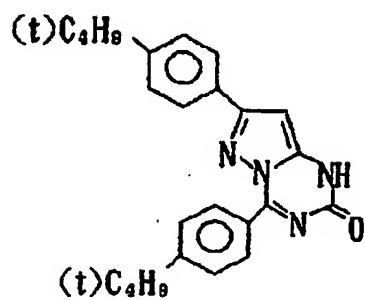
43.



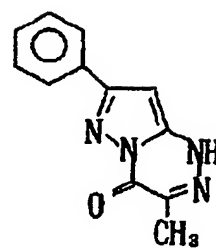
44.



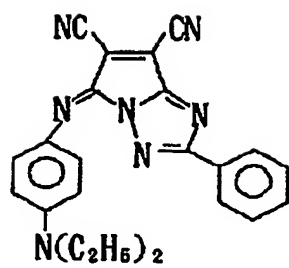
45.



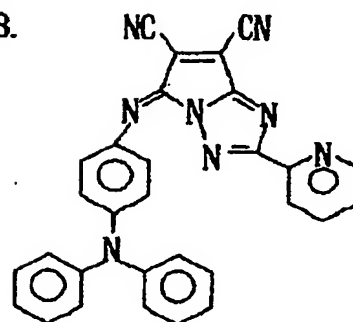
46.



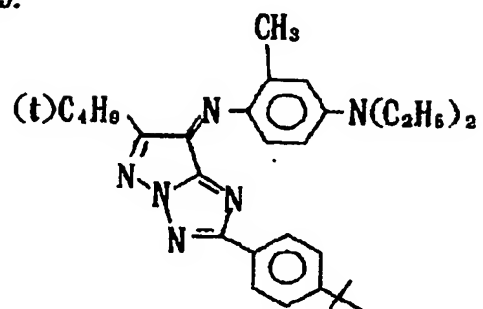
47.



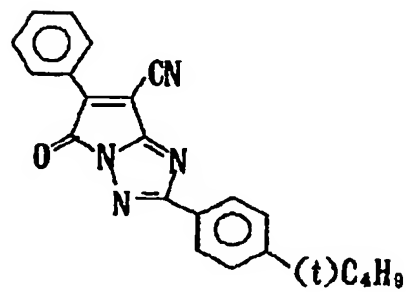
48.



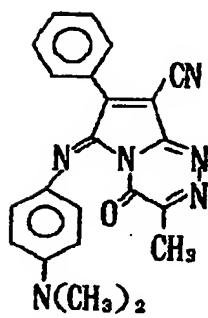
49.



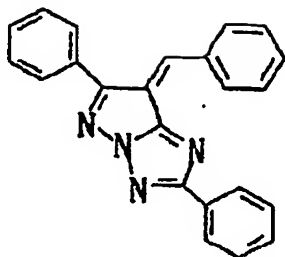
50.



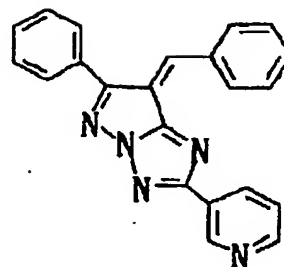
51.



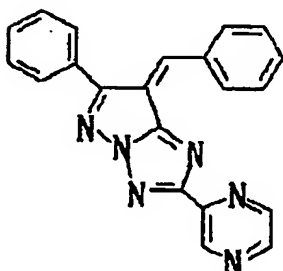
52.



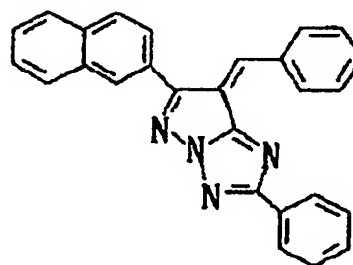
53.



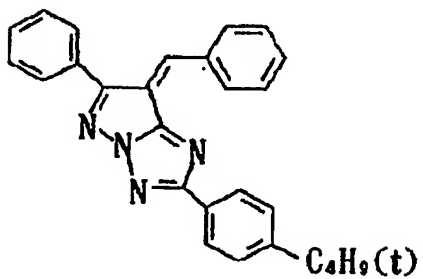
54.



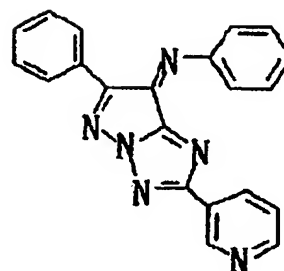
55.



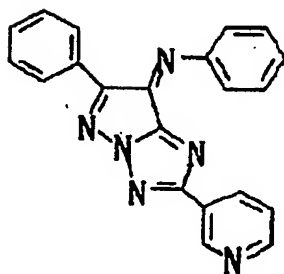
56.



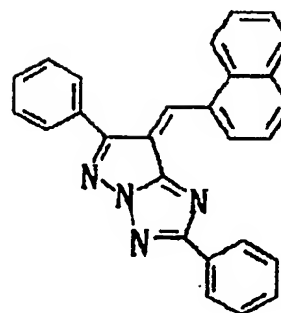
57.



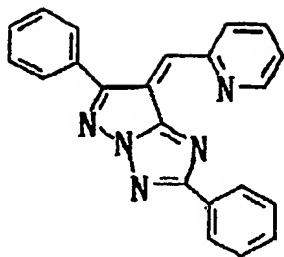
58.



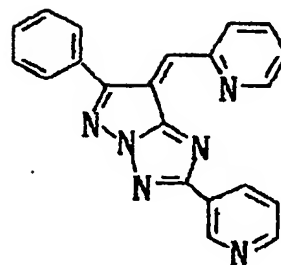
59.



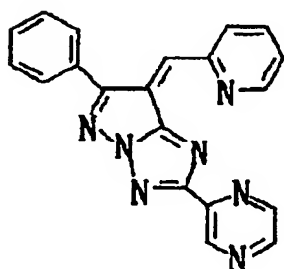
60.



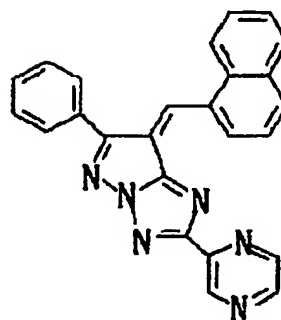
61.



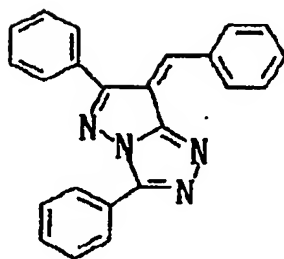
62.



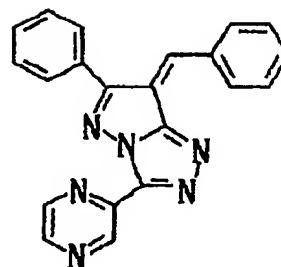
63.



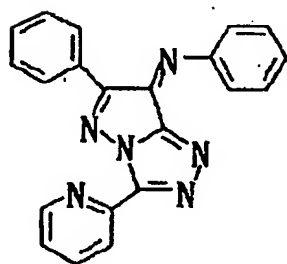
64.



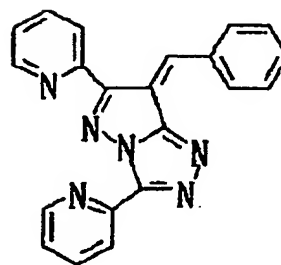
65.



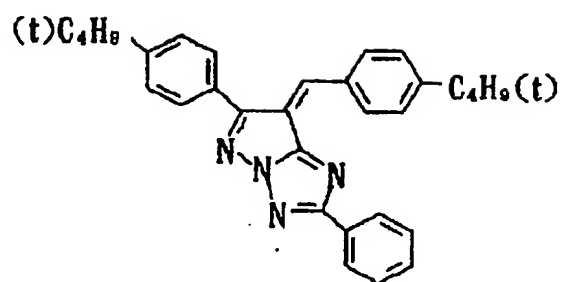
66.



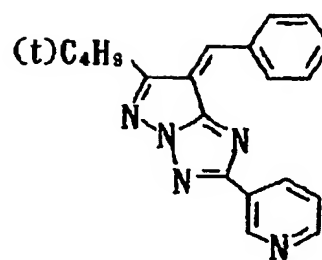
67.



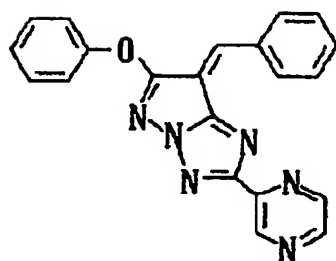
68.



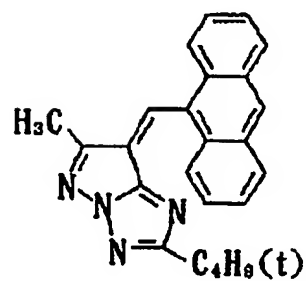
69.



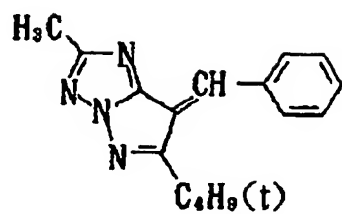
70.



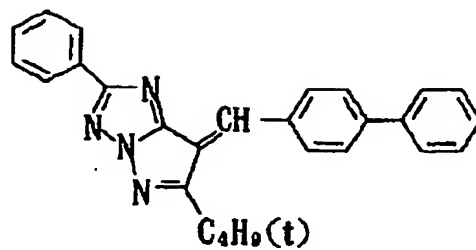
71.



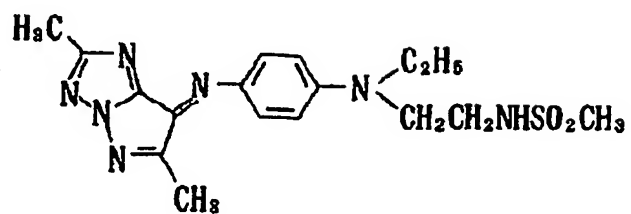
72.



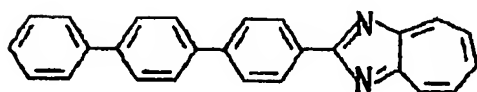
73.



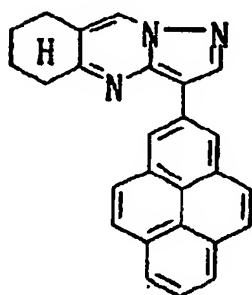
74.



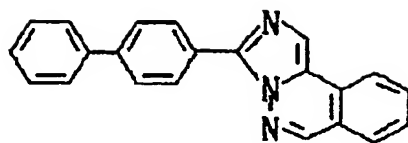
75.



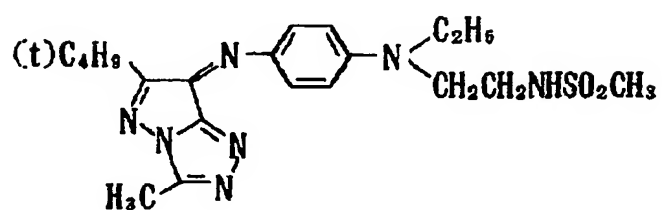
76.



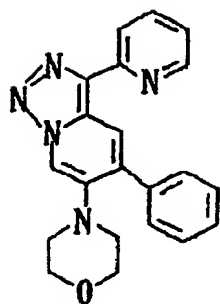
77.



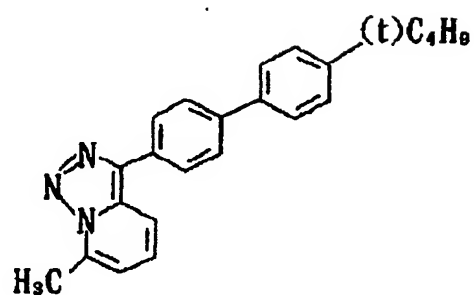
78.



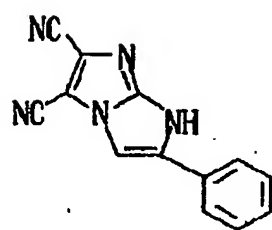
79.



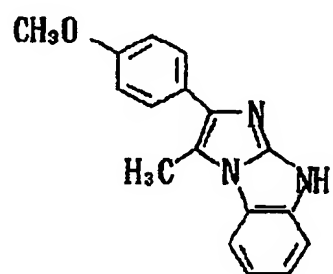
80.



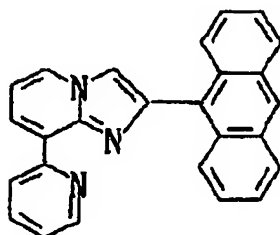
81.



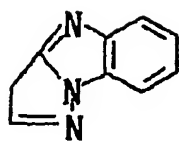
82.



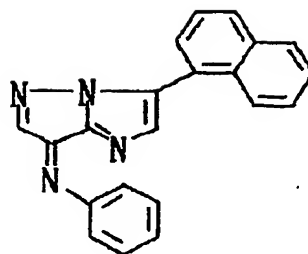
83.



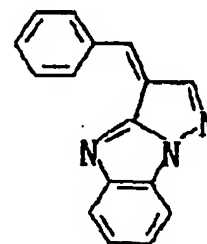
84.



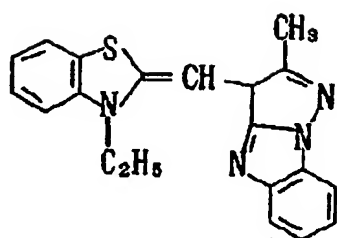
85.



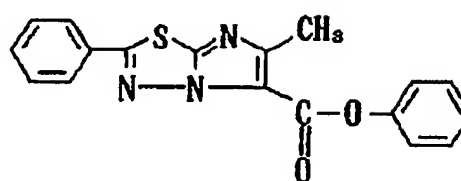
86.



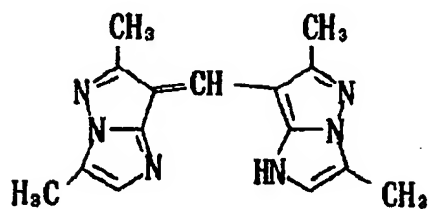
87.



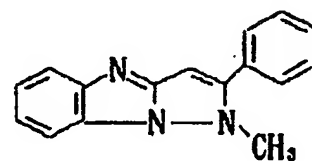
88.



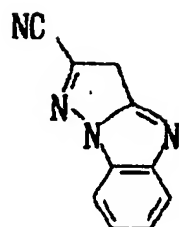
89.



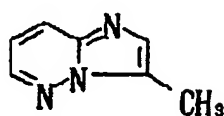
90.



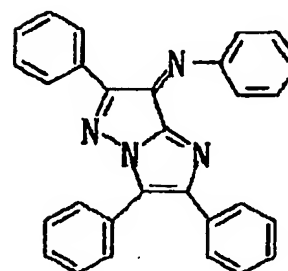
91.



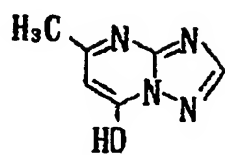
92.



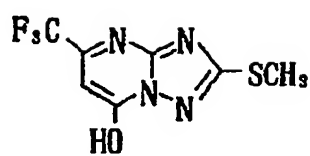
93.



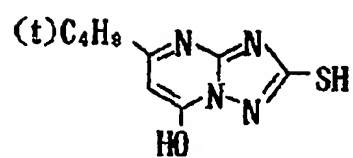
94.



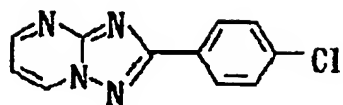
95.



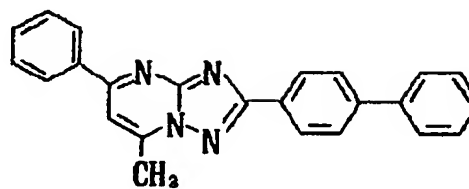
96.



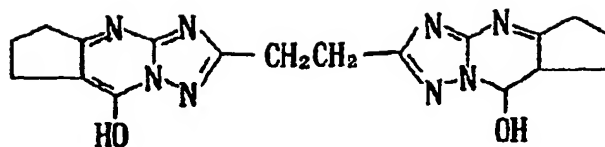
97.



98.



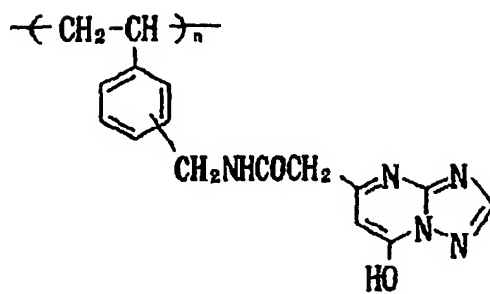
99.



100.

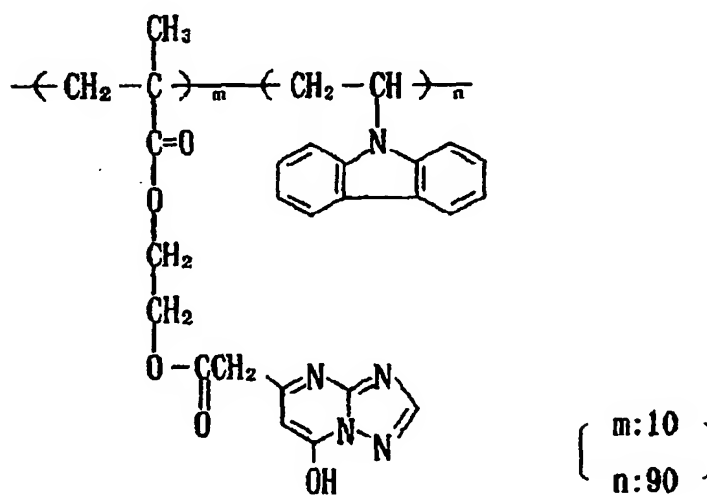


101.



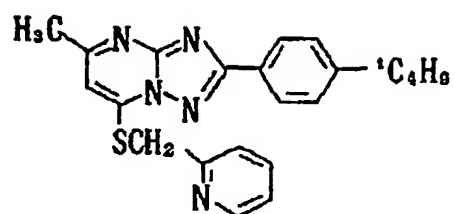
(重量平均分子量で約15,000、ポリスチレン換算)

102.

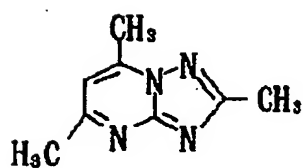


(重量平均分子量で約12,000、ポリスチレン換算)

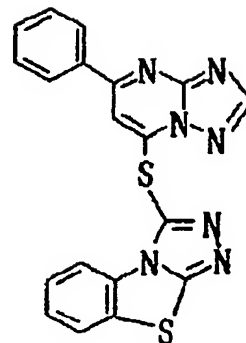
103.



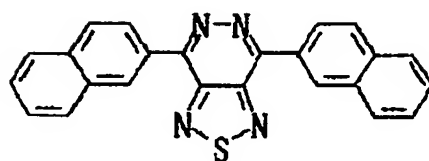
104.



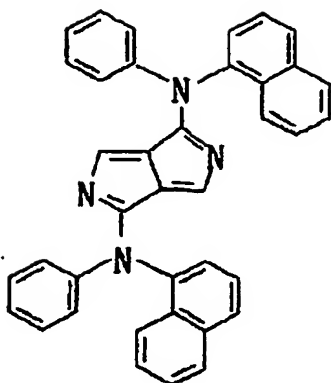
105.



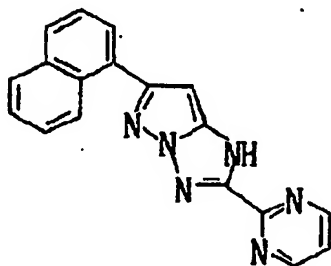
106.



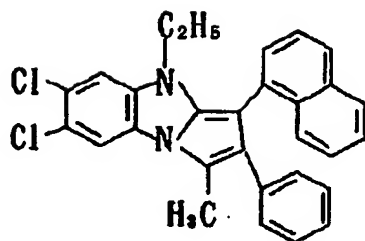
107.



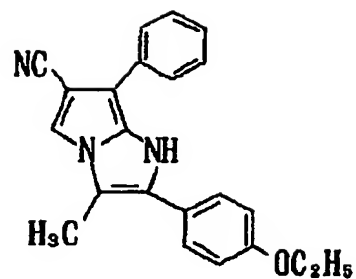
108.



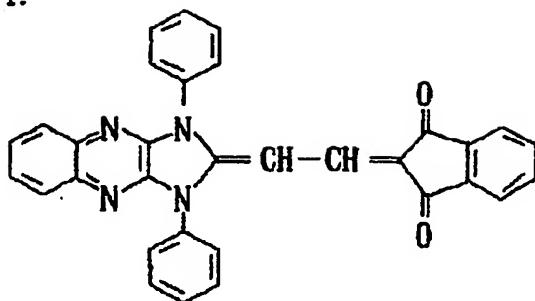
109.



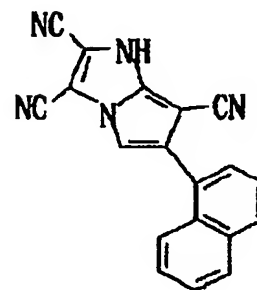
110.



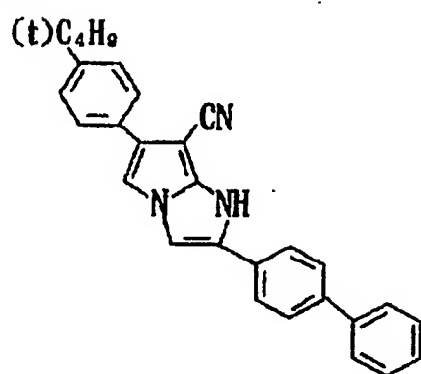
111.



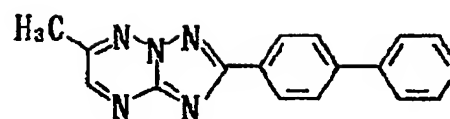
112.



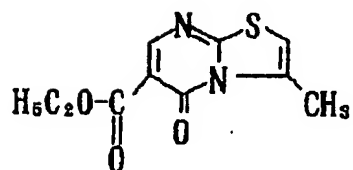
113.



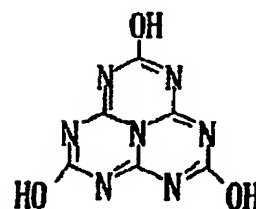
114.



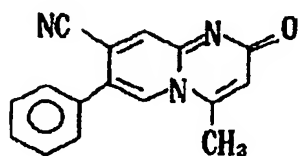
115.



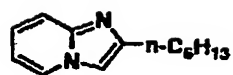
116.



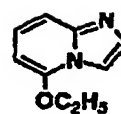
117.



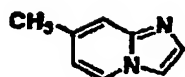
118



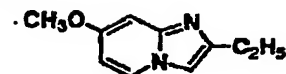
123



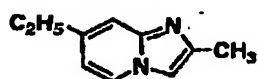
119



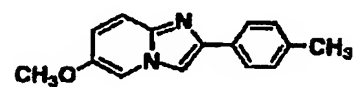
124



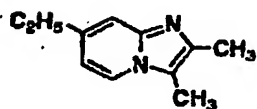
120



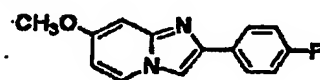
125



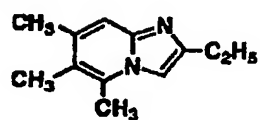
121



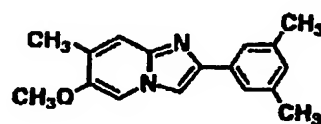
126



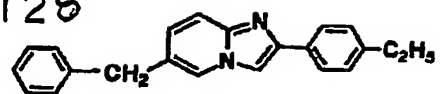
122



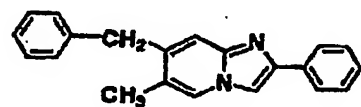
127



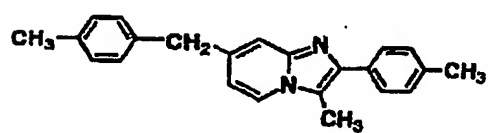
128



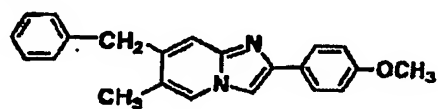
129



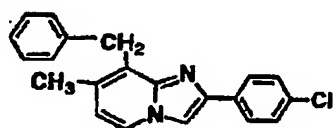
130



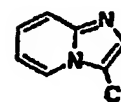
131



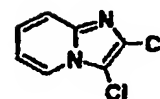
132



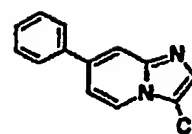
133



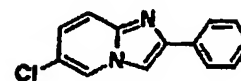
134



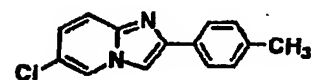
135



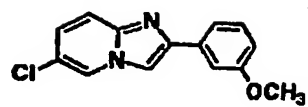
136



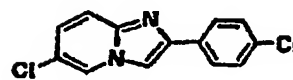
137



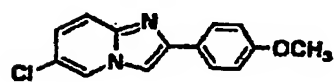
138



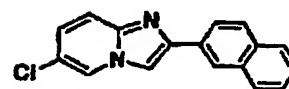
143



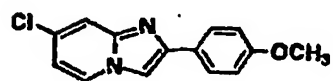
139



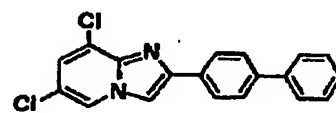
144



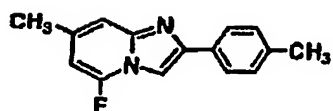
140



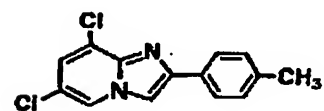
145



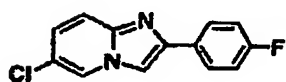
141



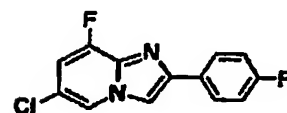
146



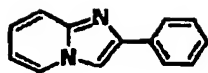
142



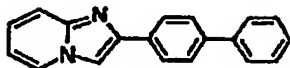
147



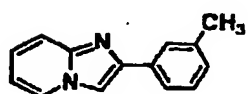
148



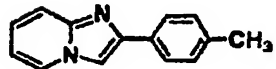
149



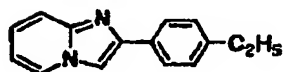
150



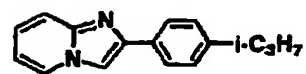
151



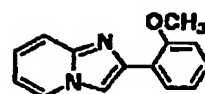
152



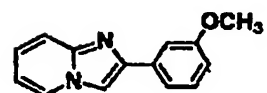
153



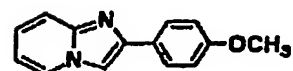
154



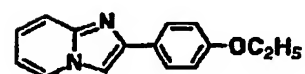
155

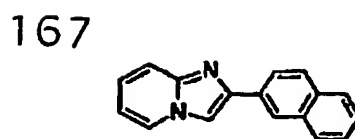
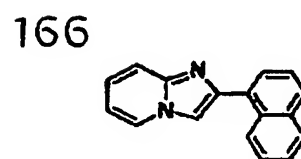
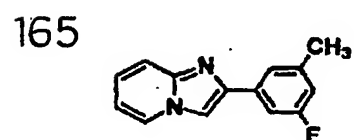
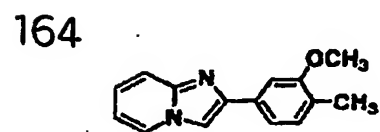
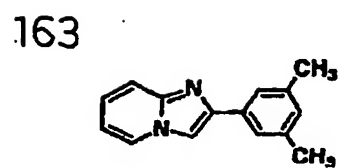
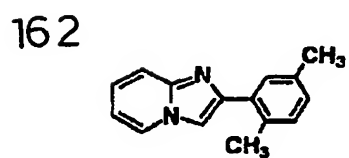
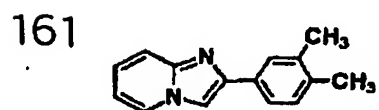
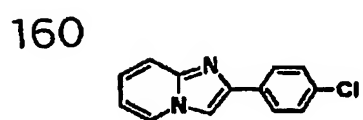
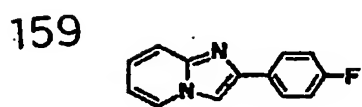
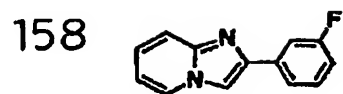


156

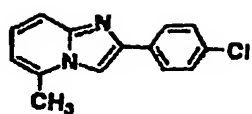


157

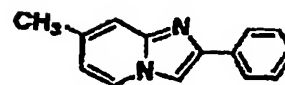




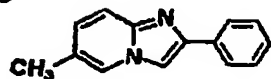
168



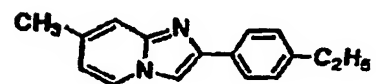
173



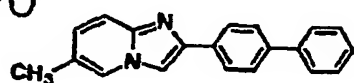
169



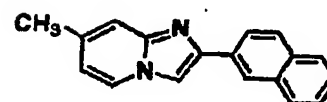
174



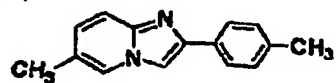
170



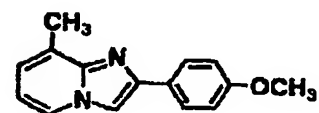
175



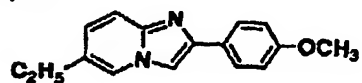
171



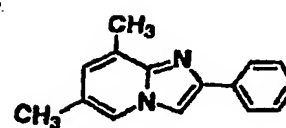
176



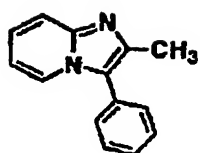
172



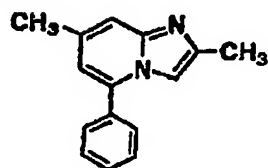
177



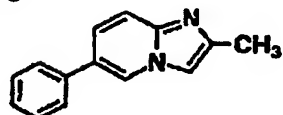
178



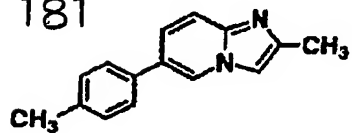
179



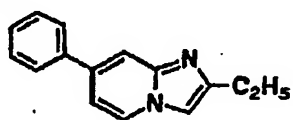
180



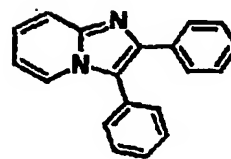
181



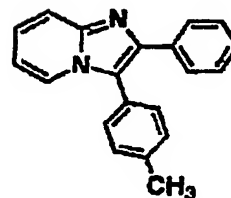
182



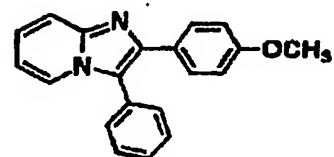
183



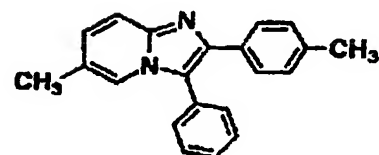
184



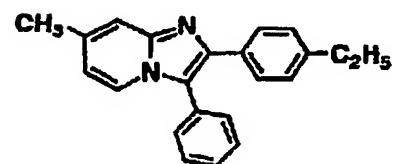
185



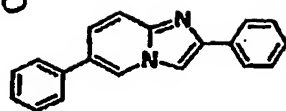
186



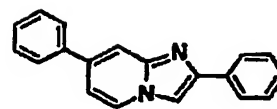
187



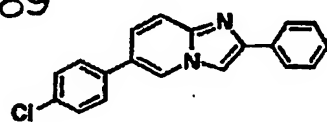
188



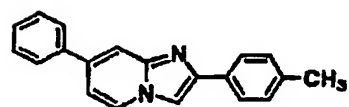
193



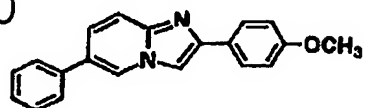
189



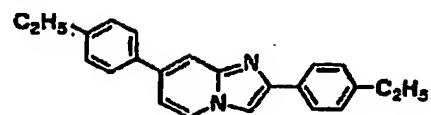
194



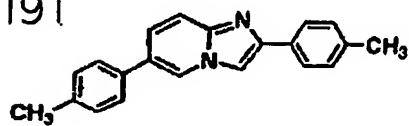
190



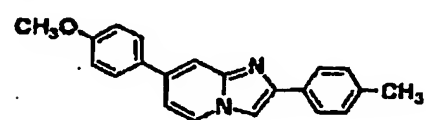
195



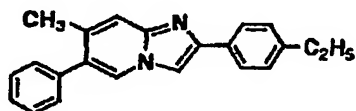
191



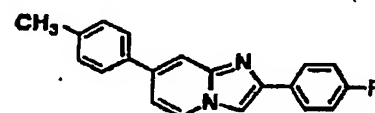
196

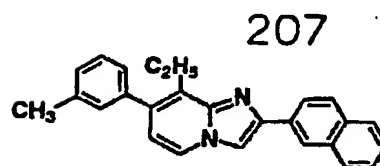
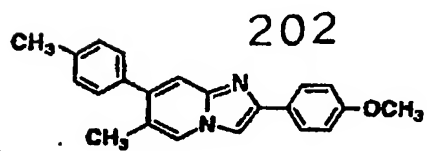
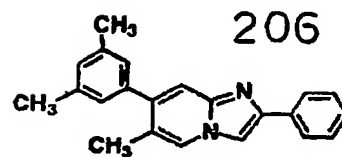
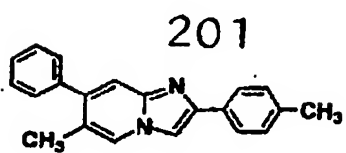
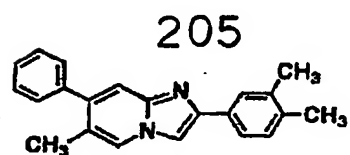
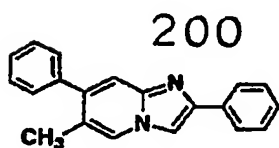
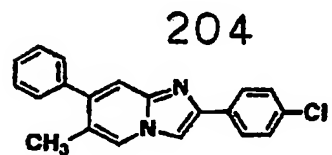
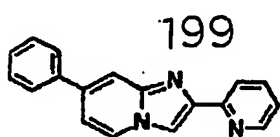
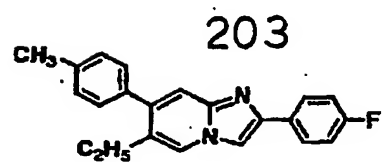
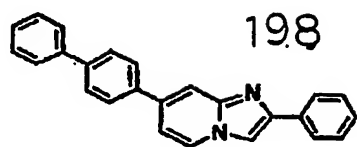


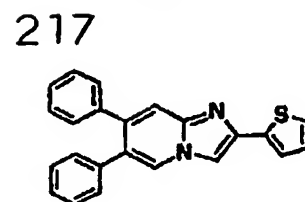
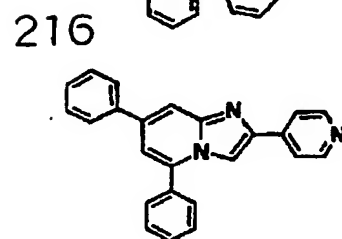
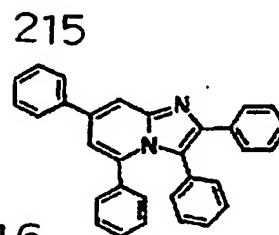
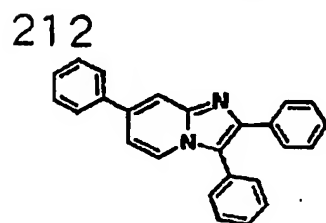
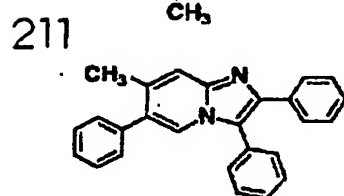
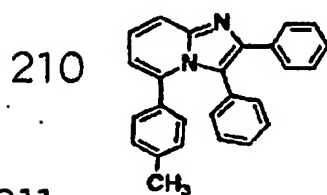
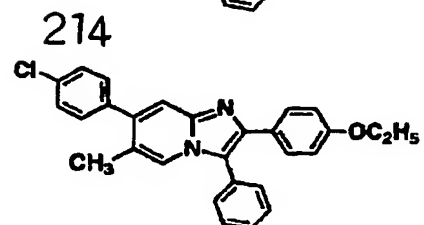
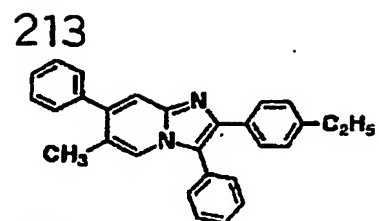
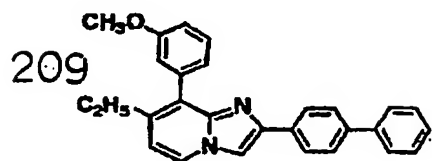
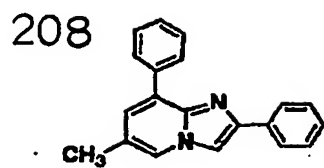
192



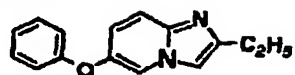
197



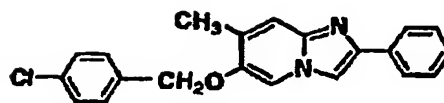




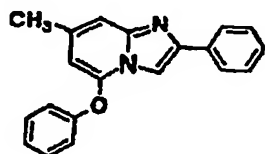
218



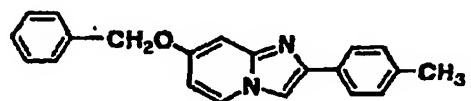
223



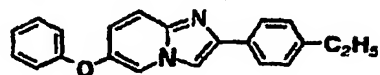
219



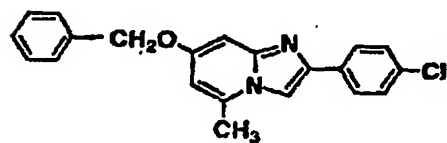
224



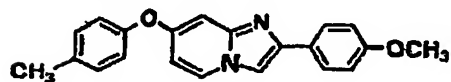
220



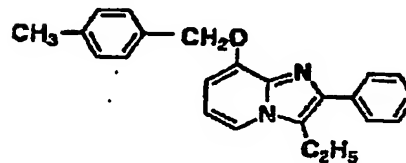
225



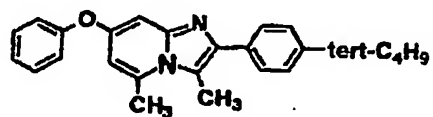
221



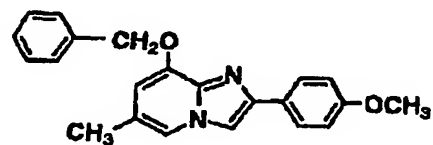
226



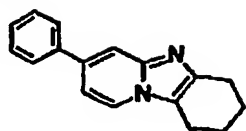
222



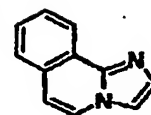
227



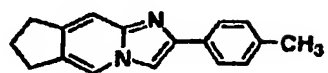
228



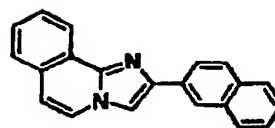
233



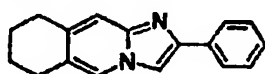
229



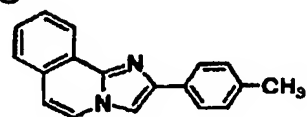
234



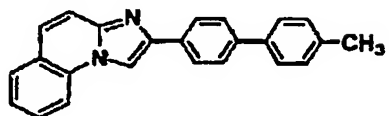
230



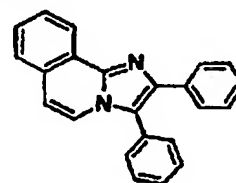
235



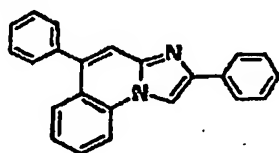
231



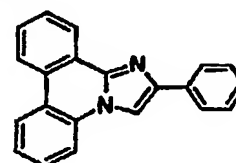
236

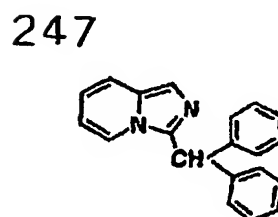
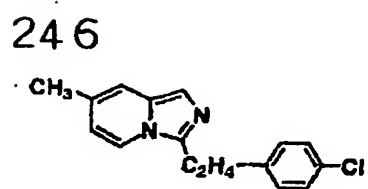
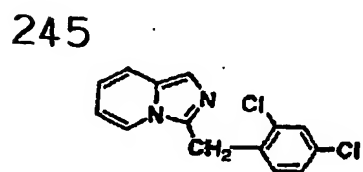
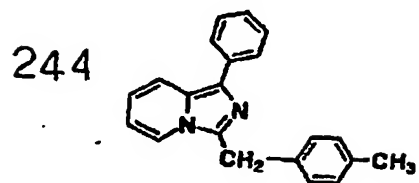
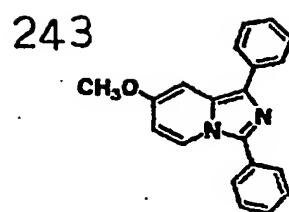
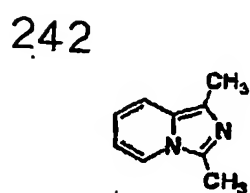
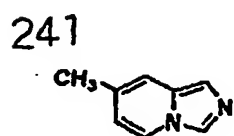
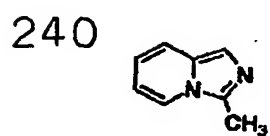
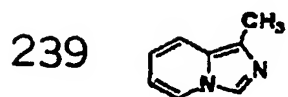


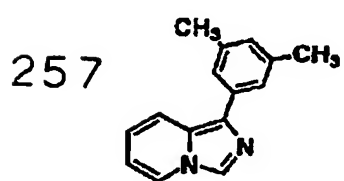
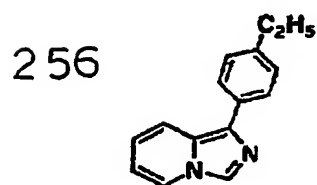
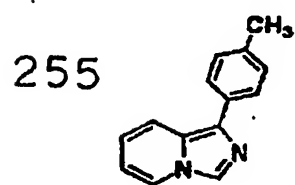
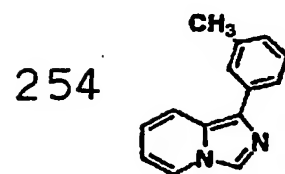
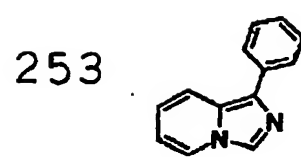
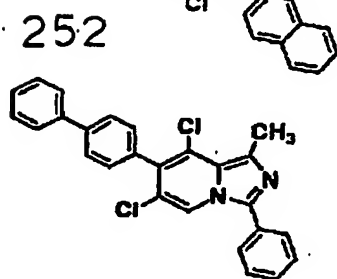
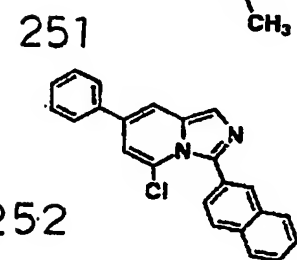
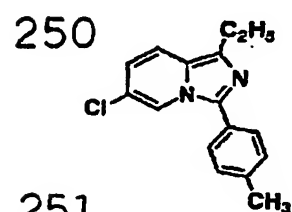
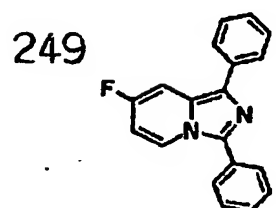
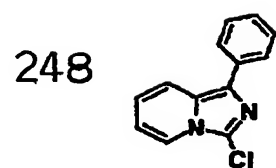
232

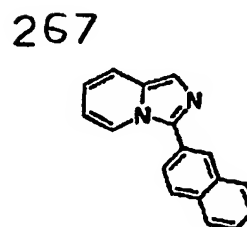
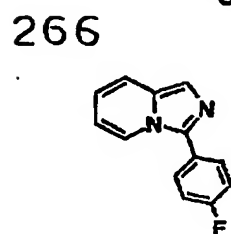
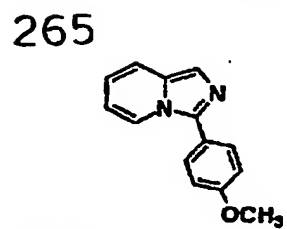
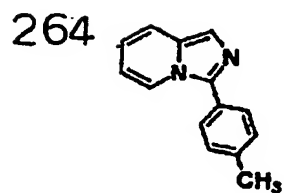
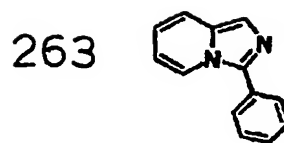
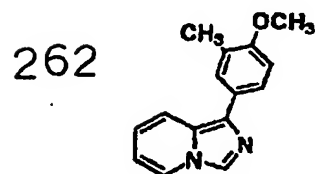
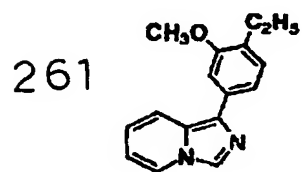
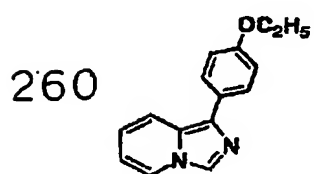
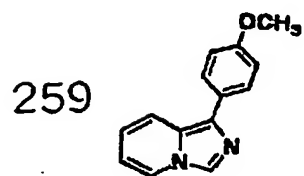
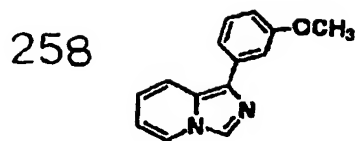


237

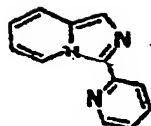




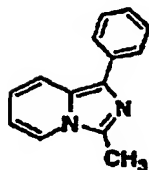




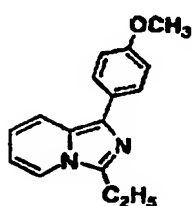
268



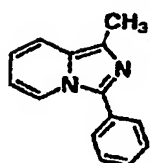
269



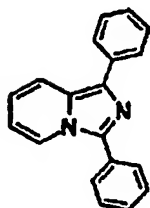
270



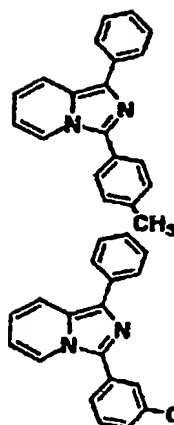
271



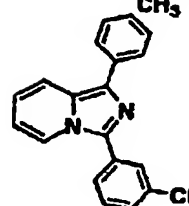
272



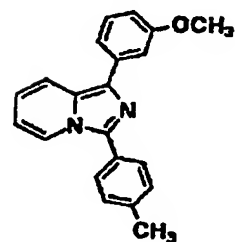
273



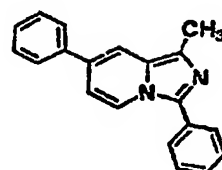
274



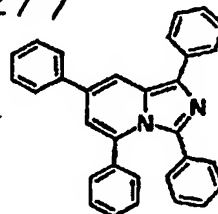
275



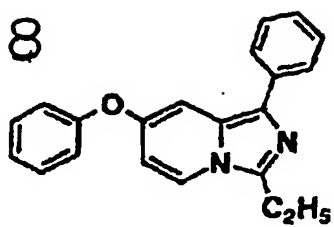
276



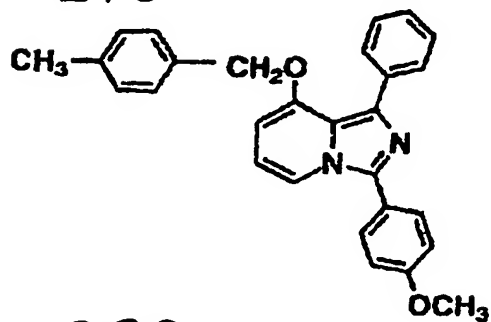
277



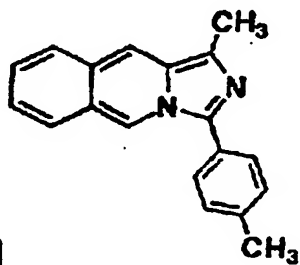
278



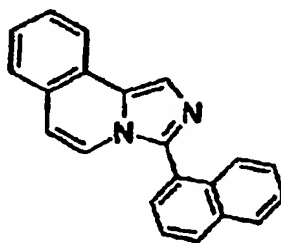
279



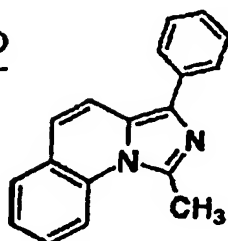
280

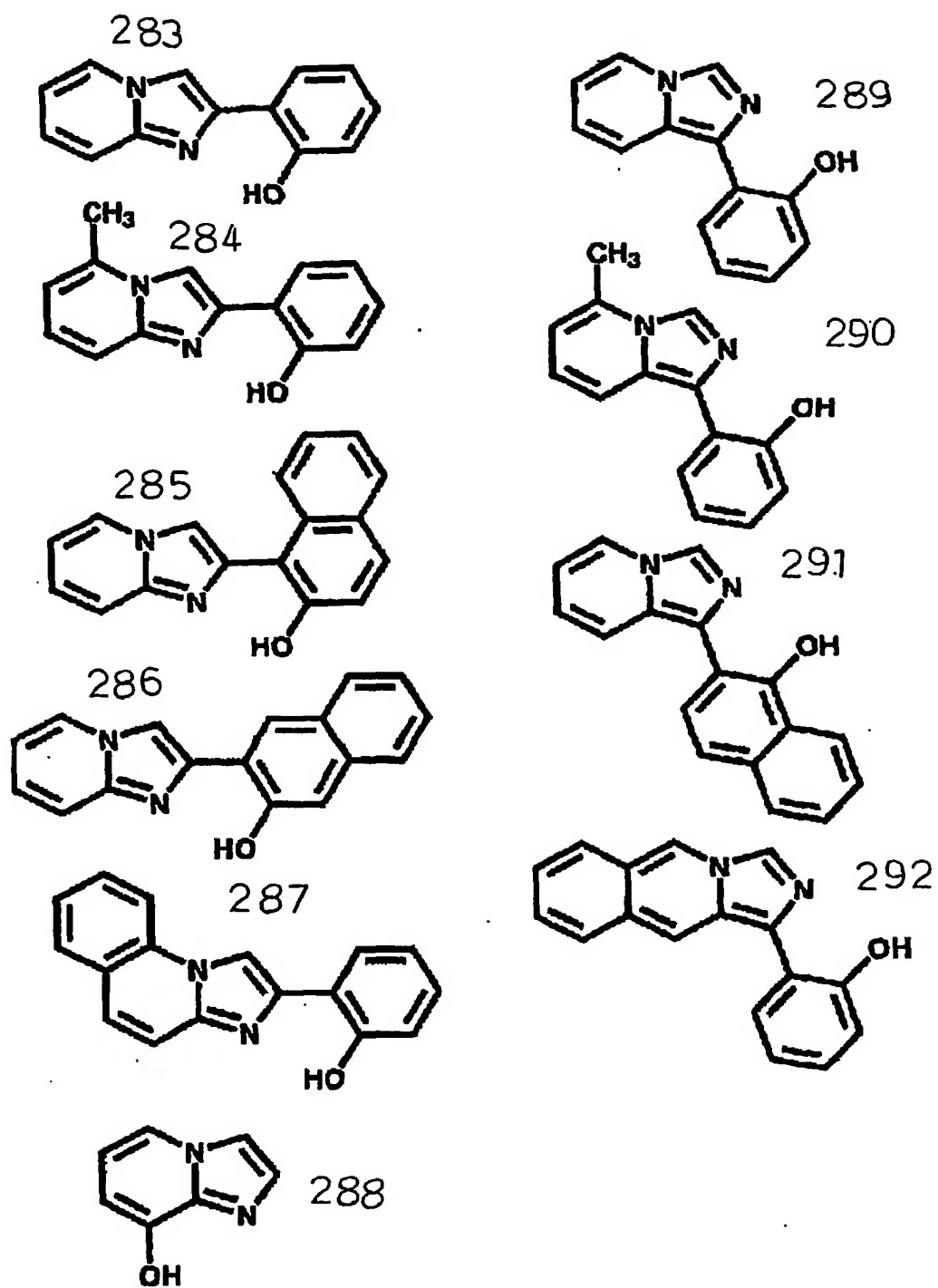


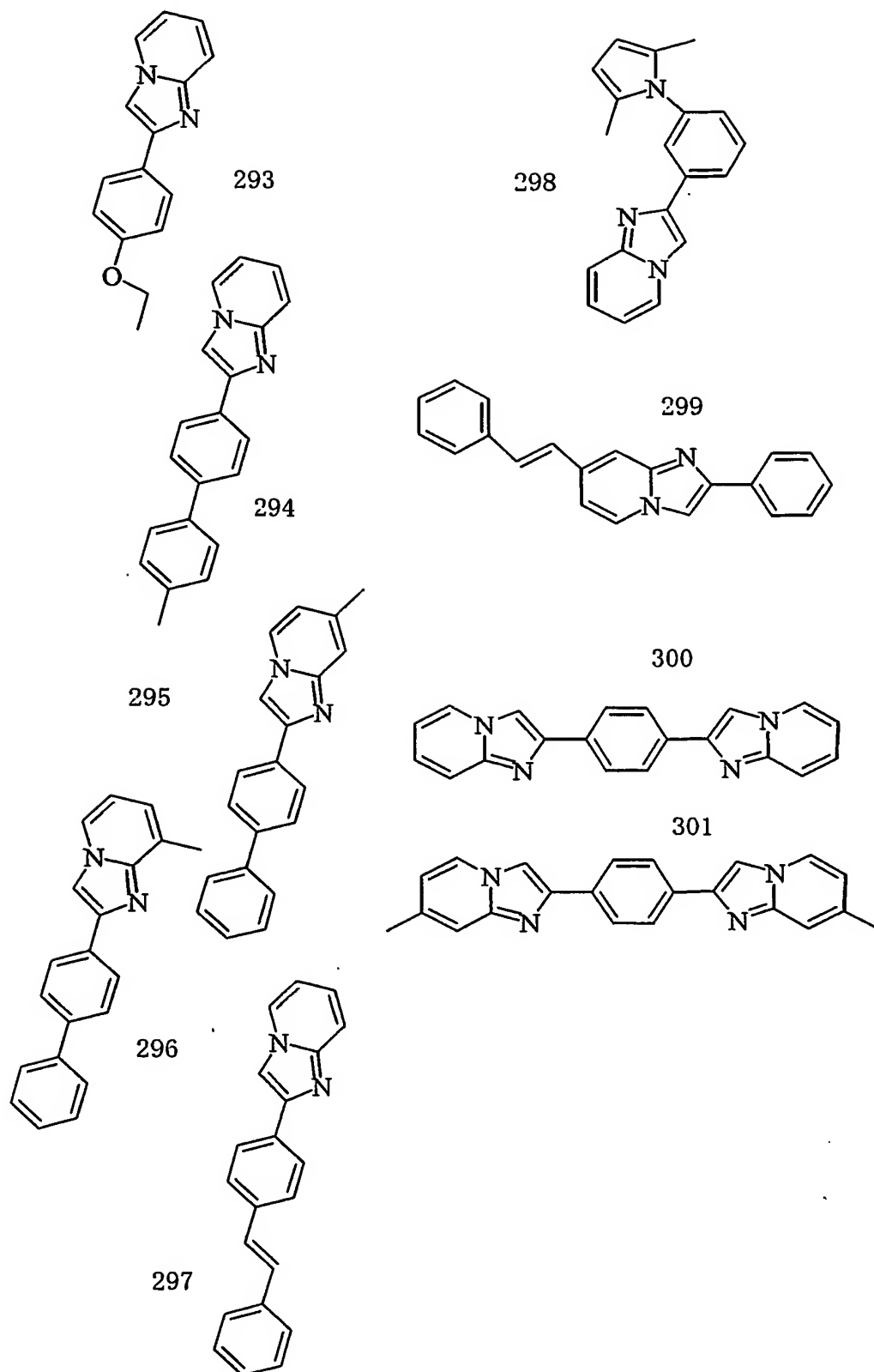
281

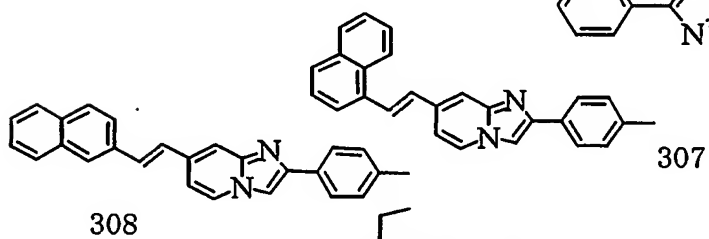
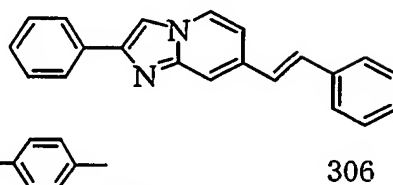
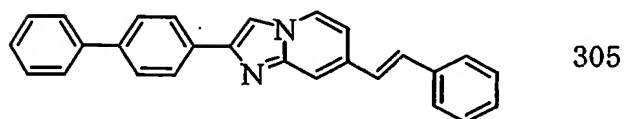
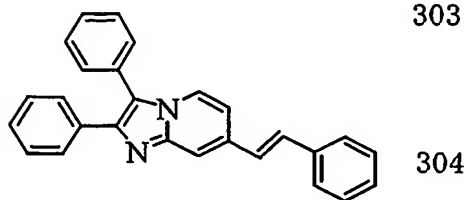
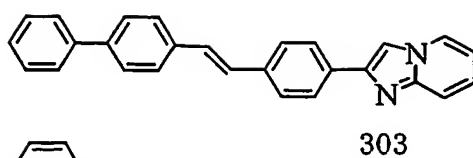
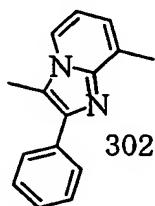


282

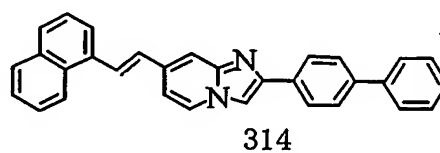
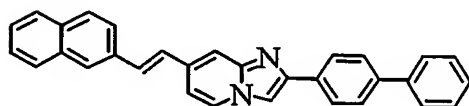
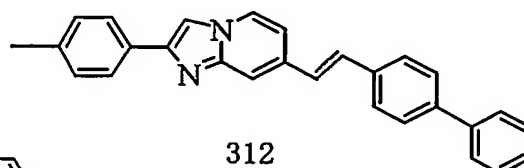
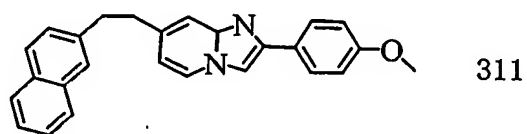
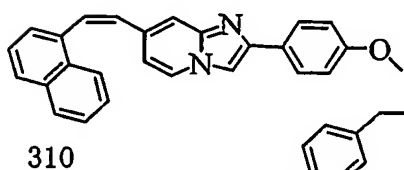
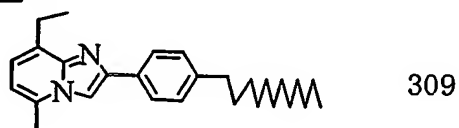


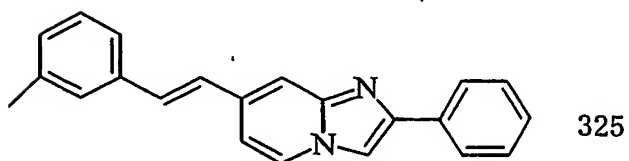
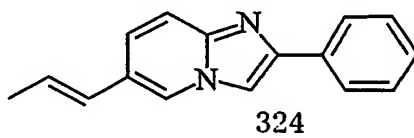
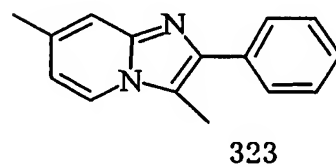
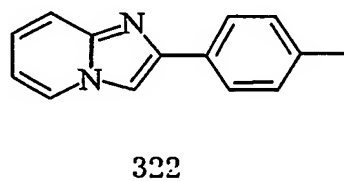
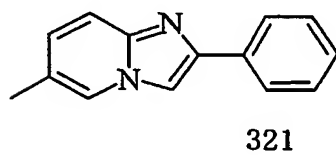
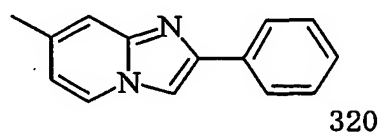
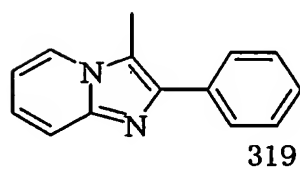
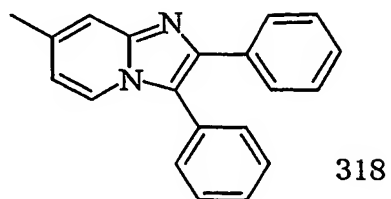
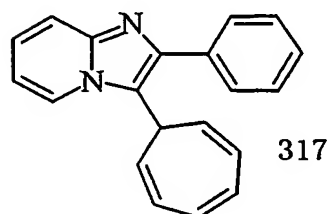
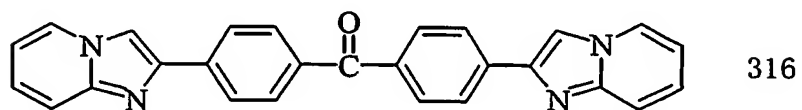
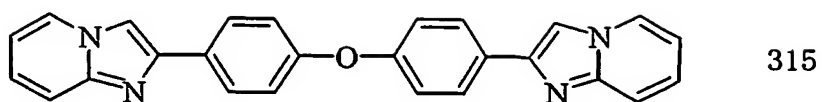


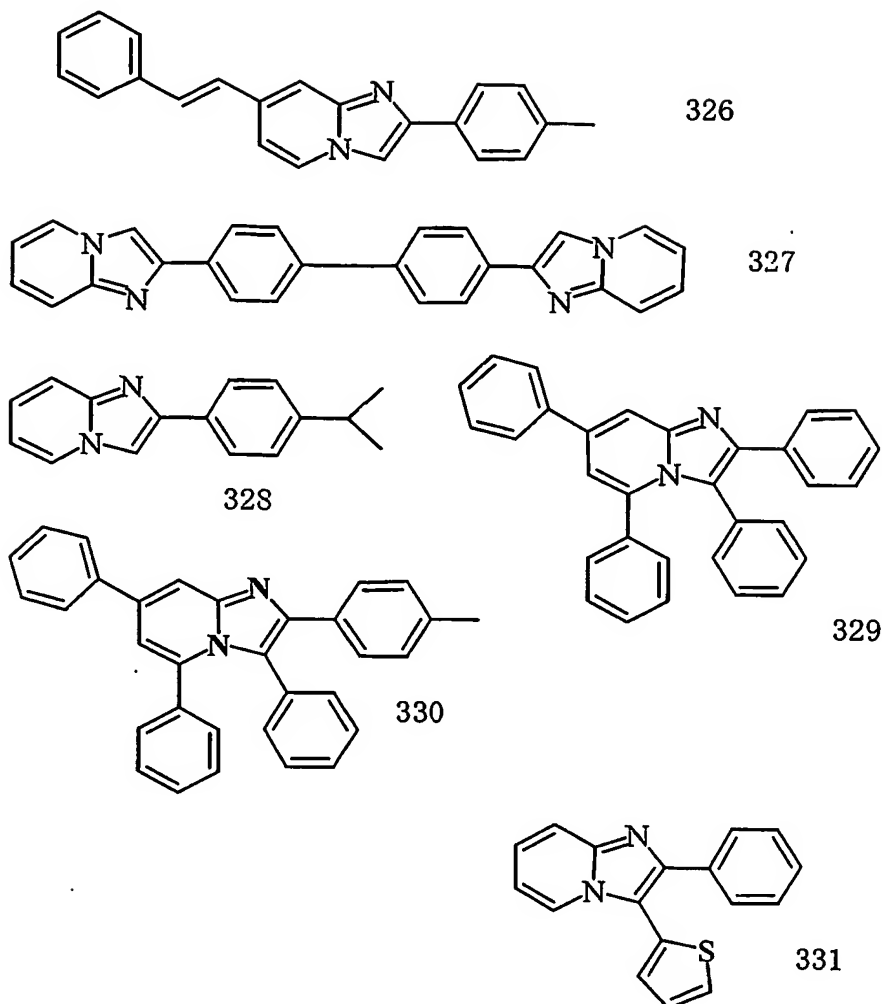




308







以下、本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成について説明する。

本発明の有機薄膜トランジスタの素子構成としては、基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の3端子、絶縁体層及び有機半導体層が設けられ、ソースドレイン間電流をゲート電極に電圧を印加することによって制御する薄膜トランジスタであれば、限定されなく、公知の素子構成を有するものであってもよい。

これらのうち、代表的な有機薄膜トランジスタの素子構成として素子A～Dを図1～4に示す。このように、電極の位置、層の積層順などによりいくつかの構成が知られており、本発明の有機薄膜トランジスタは、電界効果トランジ

スタ (FET: Field Effect Transistor) 構造を有している。有機薄膜トランジスタは、有機半導体層 (有機化合物層) と、相互に所定の間隔をあけて対向するように形成されたソース電極及びドレイン電極と、ソース、ドレインからそれぞれ所定の距離をあけて形成されたゲート電極とを有し、ゲート電極に電圧を印加することによってソース・ドレイン電極間に流れる電流を制御する構成を備える。ここで、ソース電極とドレイン電極の間隔は本発明の有機薄膜トランジスタを用いる用途によって決定され、通常は $0.1 \mu\text{m} \sim 1 \text{mm}$ 、好ましくは $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは $5 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ である。

素子 A～D のうち、図 1 の素子 A を例としてさらに詳しく説明すると、素子 A の有機薄膜トランジスタは、基板上に、ゲート電極 (層) 及び絶縁体層をこの順に有し、絶縁体層上に、所定の間隔をあけて形成された一対のソース・ドレイン電極を有し、その上に有機半導体層が形成される。有機半導体層がチャネル領域を成しており、ゲート電極に印加される電圧でソース電極とドレイン電極の間に流れる電流が制御されることによってオン／オフ動作する。

本発明の有機薄膜トランジスタは、前記素子 A～D 以外の素子構成にも、有機薄膜トランジスタとして種々の構成が提案されており、ゲート電極に印加される電圧でソース電極とドレイン電極の間に流れる電流が制御されることによってオン／オフ動作や増幅などの効果が発現する仕組みであればこれらの素子構成に限定されるものではなく、例えば、産業技術総合研究所の吉田らにより第 49 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 27 a-M-3 (2002 年 3 月) において提案されたトップアンドボトムコンタクト型有機薄膜トランジスタ (図 5 参照) や、千葉大学の工藤らにより電気学会論文誌 118-A (1998) 1440 頁において提案された縦形の有機薄膜トランジスタ (図 6 参照) のような素子構成を有するものであってもよい。

本発明の有機薄膜トランジスタにおける基板は、有機薄膜トランジスタの構

造を支持する役目を担うものであり、材料としてはガラスの他、金属酸化物や窒化物などの無機化合物、プラスチック（PET, PES, PC）や金属基板あるいはこれら複合体や積層体なども用いることが可能である。また、基板以外の構成要素により有機薄膜トランジスタの構造を十分に支持し得る場合には、基板を使用しないことも可能である。

また、基板の材料としてはシリコン（Si）ウエハが用いられることが多い。この場合Si自体をゲート電極兼基板として用いることができる。また、Siの表面を酸化し、 SiO_2 を形成して絶縁層として活用することも可能である。この場合、前記素子Aを例にすると、図6に示すように、基板兼ゲート電極のSi基板にリード線接続用の電極として、しばしばAuなどの金属層を成膜する。

本発明の有機薄膜トランジスタにおける前記ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極の材料としては、例えば、クロム（Cr）、チタン（Ti）、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）、ニッケル（Ni）、金（Au）、パラジウム（Pd）、インジウム、白金（Pt）、銀（Ag）、錫（Sn）、マグネシウム、マグネシウム－インジウム合金、マグネシウム－アルミニウム合金、アルミニウム－リチウム合金、アルミニウム－スカンジウム－リチウム合金、マグネシウム－銀合金等の金属や合金の他、酸化インジウム錫合金（ITO）、高ドーピングシリコン、酸化錫（NES A）、導電性ポリアニリン、導電性ポリピロール、導電性ポリチアジル及び導電性ポリマー等並びにこれらを組合せたものが挙げられ、このような材料で構成することにより接触抵抗を低減して電気特性を改善することができる。前記ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極の厚みは、それぞれ30～500 nmであると好ましく、通常、例えば、蒸着、スパッタリング、化学蒸着、電着、無電解メッキ、スピンコーティング、印刷又は塗布等の手段により形成される。

本発明の有機薄膜トランジスタにおける絶縁体層の材料としては、例えば、シリコン酸化物、シリコン窒化物、チタン酸化物、バリウム酸化物、ストロンチウム酸化物、ジルコニウム酸化物、鉛酸化物、ランタン酸化物、フッ素酸化物、マグネシウム酸化物、ビスマス酸化物、タンタル酸化物及びニオブ酸化物等が挙げられ、具体的には、二酸化ケイ素、チタン酸バリウムストロンチウム、ジルコニウム酸チタン酸バリウム、ジルコニウム酸チタン酸鉛、チタン酸鉛ランタン、チタン酸ストロンチウム、チタン酸バリウム、フッ化バリウムマグネシウム、チタン酸ビスマス、チタン酸ストロンチウムビスマス、五酸化タンタル、タンタル酸ストロンチウムビスマス、タンタル酸ニオブ酸ビスマス、二酸化チタン及び三酸化イットリウム並びにこれらを組合せたものが挙げられる。また、 Si_3N_4 、 Si_xN_y ($x, y > 0$)、 SiON_x 等の窒化ケイ素系化合物も好ましい。

また、絶縁体層は、アルコキシド金属を含む前駆物質でも形成されていてもよく、この前駆物質の溶液を例えば基板に被覆し、これを熱処理を含む化学溶液処理をすることにより絶縁体層が形成される。

前記アルコキシド金属における金属としては、例えば、遷移金属、ランタノイド、又は主族元素から選択され、具体的には、バリウム (Ba)、ストロンチウム (Sr)、チタン (Ti)、ビスマス (Bi)、タンタル (Ta)、ジルコン (Zr)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、マンガン (Mn)、鉛 (Pb)、ランタン (La)、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、ルビジウム (Rb)、セシウム (Cs)、フランシウム (Fr)、ベリリウム (Be)、マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ニオブ (Nb)、タリウム (Tl)、水銀 (Hg)、銅 (Cu)、コバルト (Co)、ロジウム (Rh)、スカンジウム (Sc) 及びイットリウム (Y) 等が挙げられる。

また、前記アルコキシド金属におけるアルコキシドとしては、例えば、メタ

ノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブタノール、イソブタノール等を含むアルコール類、メトキシエタノール、エトキシエタノール、プロポキシエタノール、ブトキシエタノール、ペントキシエタノール、ヘプトキシエタノール、メトキシプロパノール、エトキシプロパノール、プロポキシプロパノール、ブトキシプロパノール、ペントキシプロパノール、ヘプトキシプロパノールを含むアルコキシアアルコール類等から誘導されるものが挙げられる。

本発明において、絶縁体層を上記したような材料で構成すると、絶縁体層中に空乏層が発生しやすくなり、トランジスタ動作のしきい電圧を低減することができる。また、上記材料の中でも、特に、 Si_3N_4 、 Si_xN_y ($x, y > 0$)、 SiON_x 等の窒化ケイ素で絶縁体層を形成すると、空乏層がいつそう発生しやすくなり、トランジスタ動作のしきい電圧をさらに低減させることができる。また、前記絶縁体層の厚みは、 $10 \sim 150 \text{ nm}$ であると好ましく、通常、例えば、真空蒸着、スパッタリング、熱CVD法、熱酸化、陽極酸化法等の手段により形成される。

本発明の有機薄膜トランジスタにおける有機半導体層の膜厚は、特に制限されることはないが、通常、数 nm から $1 \mu\text{m}$ の範囲であり、 $10 \text{ nm} \sim 250 \text{ nm}$ であると好ましい。また、有機半導体層の形成方法は特に限定されることはなく公知の方法を適用でき、例えば、分子線蒸着法(MBE法)、真空蒸着法、化学蒸着、材料を溶媒に溶かした溶液のディッピング法、スピンコーティング法、キャストリング法、バーコート法、ロールコート法等の印刷、塗布法及びベーキング、エレクトロポリマライゼーション、分子ビーム付着、溶液からのセルフ・アセンブリ、並びにこれらの組合せた手段により前記したような有機半導体層の材料で形成される。

本発明の有機薄膜トランジスタの形成方法としては、特に限定されず公知の

方法によればよいが、基板投入、ゲート電極形成、絶縁体層形成、有機半導体層形成、ソース電極形成、ドレイン電極形成までの一連の素子作製工程を全く大気に触れることなく形成すると、大気との接触による大気中の水分や酸素などによる素子性能の阻害を防止できるため好ましい。やむおえず、一度大気に触れさせなければならぬときは、有機半導体層成膜以後の工程は大気に全く触れさせない工程とし、有機半導体層成膜直前には、有機半導体層を積層する面（例えば素子Aの場合は絶縁層に一部ソース電極、ドレイン電極が積層された表面）を紫外線照射、紫外線／オゾン照射、酸素プラズマ、アルゴンプラズマ等で清浄化・活性化した後、有機半導体層を積層することが望ましい。

次に、実施例を用いて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

実施例 1

有機薄膜トランジスタを以下の手順で作製した。まず、Si基板（P型比抵抗 $1\ \Omega\text{cm}$ ゲート電極兼用）を熱酸化法にて表面を酸化させ、基板上 400nm の熱酸化膜を作成して絶縁体層とした。さらに基板の一方に成膜した SiO_2 膜をドライエッチングにて完全に除去した後、スパッタ法にてクロムを 20nm の膜厚で成膜し、さらにその上に金（Au）を 100nm スパッタにて成膜し取り出し電極とした。次いで、この絶縁体膜上に、金属マスクを通して金を 150nm の膜厚で成膜することにより、互いに接しないソース電極及びドレイン電極を、間隔（チャンネル長 L ）が $100\ \mu\text{m}$ になるように形成した。そのときソース電極とドレイン電極の幅（チャンネル幅 W ）は 4mm となるように成膜した。引き続き、別の金属マスクを通して、真空蒸着法により前記化合物（1）を 150nm 膜厚の有機半導体層として成膜し、有機薄膜トランジスタを作製した（図7参照）。

得られた有機薄膜トランジスタについて、図 7 のような回路構成にて、+ 40 V のゲート電圧 V_g を印加し、ソースドレイン間に電圧を印加して電流を流した。この場合、電子が有機半導体層のチャンネル領域（ソースドレイン間）に誘起され、n 型トランジスタとして動作する。その結果、電流飽和領域でのソースドレイン電極間の電流のオン／オフ比は 1.2×10^8 であった。また、電子の電界効果移動度 μ を下記式 (A) より算出したところ $6.3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。

$$I_D = (W/2L) \cdot C \mu \cdot (V_g - V_T)^2 \quad (A)$$

式中、 I_D はソースドレイン間電流、 W はチャンネル幅、 L はチャンネル長、 C はゲート絶縁体層の単位面積あたりの電気容量、 V_T はゲート閾値電圧、 V_g はゲート電圧である。

実施例 2 ～ 89

実施例 1 において、有機半導体層の材料として、化合物 (1) の代わりに第 1 表に記載の化合物を用いた以外は同様にして有機薄膜トランジスタを作製した。得られた有機薄膜トランジスタについて、実施例 1 と同様にして、+ 40 V のゲート電圧 V_g にて、ソースドレイン電極間の電流のオン／オフ比を測定し、及び電子の電界効果移動度 μ を算出した結果を第 1 表に示す。

第 1 表

実施例	化合物 No	電子の電界効果移動度 (cm^2/Vs)	オン／オフ比
2	5	6.3×10^{-2}	1.2×10^8
3	10	7.5×10^{-2}	8.5×10^7
4	11	9.8×10^{-3}	1.8×10^8
5	14	9.5×10^{-3}	9.8×10^6
6	16	1.7×10^{-2}	3.7×10^7
7	21	8.5×10^{-2}	3.5×10^7
8	31	9.4×10^{-3}	2.5×10^7

9	40	9.8×10^{-3}	5.8×10^8
10	46	2.3×10^{-2}	7.6×10^6
11	51	8.3×10^{-2}	6.6×10^6
12	59	3.9×10^{-3}	3.2×10^8
13	67	9.8×10^{-3}	2.5×10^7
14	76	7.2×10^{-2}	1.9×10^9
15	83	8.0×10^{-2}	9.8×10^6
16	97	5.8×10^{-3}	3.7×10^6
17	106	4.5×10^{-3}	1.2×10^7
18	107	4.2×10^{-2}	2.5×10^7
19	111	8.3×10^{-2}	1.8×10^8
20	112	9.4×10^{-3}	7.2×10^6
21	113	9.9×10^{-3}	3.8×10^7
22	114	2.4×10^{-2}	2.7×10^7
23	115	8.0×10^{-2}	2.6×10^7
24	116	2.7×10^{-3}	6.8×10^7
25	117	5.8×10^{-3}	9.5×10^6
26	118	3.5×10^{-2}	8.7×10^6
27	119	8.3×10^{-2}	3.4×10^8
28	120	7.8×10^{-3}	2.6×10^7
29	121	7.9×10^{-3}	1.0×10^8
30	122	1.7×10^{-2}	6.8×10^6
31	123	4.5×10^{-2}	6.5×10^6
32	124	4.9×10^{-3}	7.8×10^6
33	125	9.5×10^{-3}	2.5×10^7
34	126	5.6×10^{-2}	5.8×10^7
35	127	8.3×10^{-2}	3.5×10^6
36	136	7.6×10^{-3}	4.7×10^6
37	145	6.6×10^{-3}	1.2×10^8
38	148	8.7×10^{-2}	3.6×10^7
39	149	8.3×10^{-2}	1.4×10^8
40	151	6.4×10^{-3}	3.8×10^7
41	152	6.8×10^{-3}	8.5×10^6
42	165	1.2×10^{-2}	4.8×10^6
43	167	8.3×10^{-2}	2.5×10^7
44	170	6.1×10^{-3}	8.5×10^6
45	171	9.8×10^{-3}	3.7×10^7
46	172	4.6×10^{-2}	3.2×10^7
47	183	8.3×10^{-2}	5.5×10^7

48	188	2.8×10^{-3}	5.6×10^7
49	193	6.8×10^{-3}	9.8×10^6
50	198	5.2×10^{-2}	3.7×10^7
51	208	8.0×10^{-2}	6.5×10^7
52	212	1.0×10^{-3}	6.5×10^7
53	215	9.8×10^{-3}	5.6×10^8
54	216	5.0×10^{-2}	6.6×10^8
55	217	8.5×10^{-2}	6.6×10^6
56	218	1.9×10^{-3}	3.7×10^7
57	228	9.8×10^{-3}	1.5×10^7
58	229	1.7×10^{-2}	1.4×10^8
59	230	8.5×10^{-2}	9.4×10^7
60	232	4.8×10^{-3}	5.6×10^6
61	233	9.8×10^{-3}	7.6×10^7
62	234	1.2×10^{-2}	2.5×10^7
63	236	8.4×10^{-2}	1.6×10^8
64	237	1.7×10^{-3}	6.1×10^6
65	238	9.9×10^{-3}	3.7×10^7
66	245	6.7×10^{-2}	6.5×10^7
67	248	8.0×10^{-2}	2.6×10^7
68	253	7.7×10^{-3}	4.4×10^7
69	255	5.8×10^{-3}	8.2×10^6
70	265	2.9×10^{-2}	5.7×10^6
71	267	6.3×10^{-2}	2.2×10^8
72	268	4.8×10^{-3}	2.4×10^7
73	272	6.8×10^{-3}	1.1×10^8
74	273	6.2×10^{-2}	6.1×10^6
75	277	7.5×10^{-2}	5.5×10^6
76	281	6.8×10^{-3}	7.8×10^6
77	298	5.8×10^{-3}	5.5×10^7
78	299	5.2×10^{-2}	5.4×10^7
79	300	4.5×10^{-2}	9.5×10^6
80	308	3.5×10^{-3}	9.7×10^6
81	309	9.4×10^{-3}	2.6×10^8
82	315	1.3×10^{-2}	3.7×10^7
83	323	8.6×10^{-2}	1.7×10^8
84	318	9.8×10^{-3}	3.9×10^7
85	326	9.8×10^{-3}	8.5×10^6
86	327	6.2×10^{-2}	8.8×10^6

87	328	6.5×10^{-2}	2.8×10^7
88	329	5.8×10^{-3}	9.5×10^6
89	331	8.8×10^{-3}	3.8×10^7

実施例 9 0

厚さ 1 mm のガラス基板上に真空蒸着法によってクロムを 100 nm の膜厚で成膜し、これをゲート電極とした。次いで、ゲート電極上に、スパッタリングによって SiO_2 を 300 nm の膜厚の絶縁体層として形成した。次いで、この絶縁体層上に、金属マスクを通して金 (Au) を 150 nm の膜厚で成膜することにより、互いに接しないソース電極及びドレイン電極を、間隔 (チャンネル長 L) が 100 μm 、幅 (チャンネル幅 W) は 4 mm になるように形成した。引き続き、別の金属マスクを通して、真空蒸着法により前記化合物 (77) を 150 nm 膜厚の有機半導体層として成膜し、有機薄膜トランジスタを作製した (図 1 参照)。

得られた有機薄膜トランジスタについて、実施例 1 と同様の回路構成にて、+40 V のゲート電圧 V_g を印加し、ソースドレイン間に電圧を印加して電流を流した。その結果、電流飽和領域でのソースドレイン電極間の電流のオン/オフ比を測定したところ 3.1×10^3 であった。また、電子の電界効果移動度 μ を算出したところ $6.9 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。

実施例 9 1

厚さ 1 mm のガラス基板上に金属マスクを通して金 (Au) を 150 nm の膜厚で成膜することにより、互いに接しないソース電極及びドレイン電極を、間隔 (チャンネル長 L) が 100 μm 、幅 (チャンネル幅 W) は 4 mm になるように形成した。次いで、別の金属マスクを通して、真空蒸着法により化合物 (149) を 150 nm 膜厚の有機半導体層として成膜し、次にスパッタ法を用いて酸化アルミニウム (Al_2O_3) を 200 nm 成膜し絶縁体層とした。最

後に別のマスクを用いてゲート電極（A1）をスパッタして有機薄膜トランジスタを作製した（図3参照）。

得られた有機薄膜トランジスタについて、実施例1と同様の回路構成にて、+40Vのゲート電圧 V_g を印加し、ソースドレイン間に電圧を印加して電流を流した。その結果、電流飽和領域でのソースドレイン電極間の電流のオン/オフ比を測定したところ 3.8×10^8 であった。また、電子の電界効果移動度 μ を算出したところ $2.1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。

実施例92

厚さ200 μm のポリエチレンテレフタレートフィルムを基板として用いた。化合物（309）をトルエンに3質量%溶解させ、基板上にスピンコート法により成膜し、窒素雰囲気下120℃にて乾燥させた。次いで、真空蒸着装置で金属マスクを通して金（Au）を150nmの膜厚で成膜することにより、互いに接しないソース電極及びドレイン電極を、間隔（チャンネル長L）が100 μm 、幅（チャンネル幅W）は4mmになるように形成した。次に、真空蒸着法を用いてポリエチレンを真空蒸着し絶縁体層とした。その上にA1を真空蒸着してゲート電極とした（図4参照）。

得られた有機薄膜トランジスタについて、実施例1と同様の回路構成にて、+40Vのゲート電圧 V_g を印加し、ソースドレイン間に電圧を印加して電流を流した。その結果、電流飽和領域でのソースドレイン電極間の電流のオン/オフ比を測定したところ 4.3×10^6 であった。電子の電界効果移動度 μ を算出したところ $8.6 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。

比較例1

実施例1において、化合物（1）の代わりに、ヘキサデカフルオロ銅フタロシアニナート（F₁₆PcCu）を用いた以外は同様にして有機薄膜トランジスタを作製した（図7参照）。

得られた有機薄膜トランジスタについて、実施例 1 と同様の回路構成にて、 $+40\text{ V}$ のゲート電圧 V_g を印加し、ソースドレイン間に電圧を印加して電流を流した。その結果、電流飽和領域でのソースドレイン電極間の電流のオン／オフ比を測定したところ 1.2×10^3 であった。電子の電界効果移動度 μ を算出したところ $1.3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V s}$ であった。

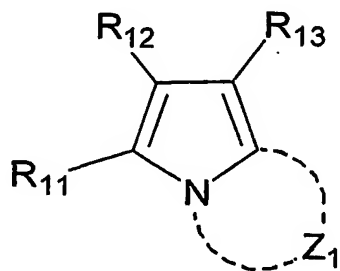
産業上の利用可能性

本発明の有機薄膜トランジスタは、有機半導体層の材料として高い電子移動度を有する特定構造のヘテロ環化合物を用いることにより、応答速度（駆動速度）が高速で、しかもオン／オフ比が大きく、トランジスタとしての性能が高いものである。

請求の範囲

1. 少なくとも基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の3端子、絶縁体層及び有機半導体層が設けられ、ソースドレイン間電流をゲート電極に電圧を印加することによって制御する薄膜トランジスタにおいて、前記有機半導体層が、縮合部位に窒素原子を有する5員環と5員環又は6員環とが縮合した含窒素ヘテロ環化合物を含む有機薄膜トランジスタ。
2. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(I)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

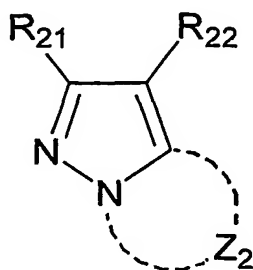
(I)



(式中、 R_{11} 、 R_{12} 及び R_{13} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。
 Z_1 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

3. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(II)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

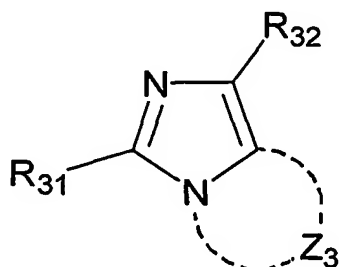
(II)



(式中、 R_{21} 及び R_{22} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_2 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

4. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(III)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

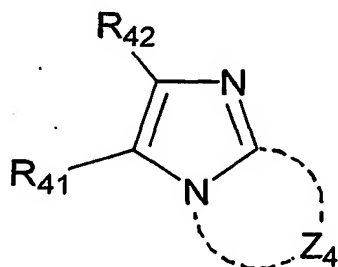
(III)



(式中、 R_{31} 及び R_{32} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_3 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

5. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(IV)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

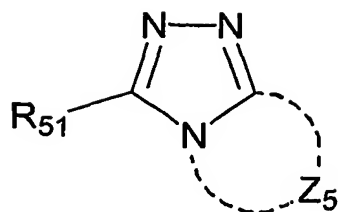
(IV)



(式中、 R_{41} 及び R_{42} は、それぞれ独立に、水素原子又は置換基を表す。 Z_4 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

6. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(V)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

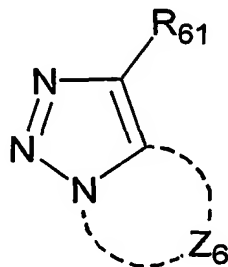
(V)



(式中、 R_{51} は水素原子又は置換基を表す。 Z_5 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

7. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(VI)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

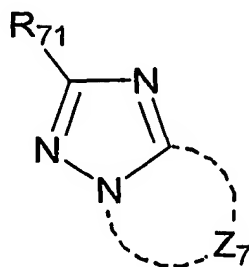
(VI)



(式中、 R_{61} は水素原子又は置換基を表す。 Z_6 は5員環又は6員環を形成する原子群を表す。)

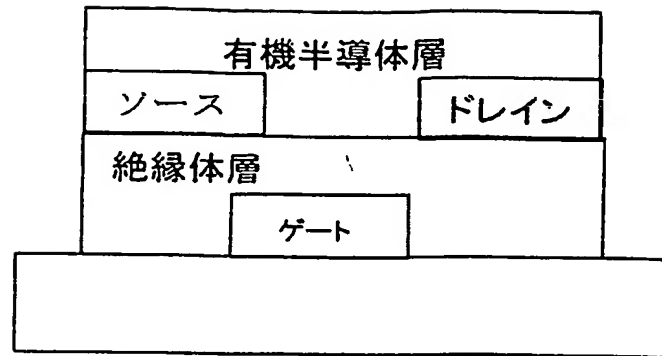
8. 前記含窒素ヘテロ環化合物が、下記一般式(VII)で表される化合物である請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。

(VII)



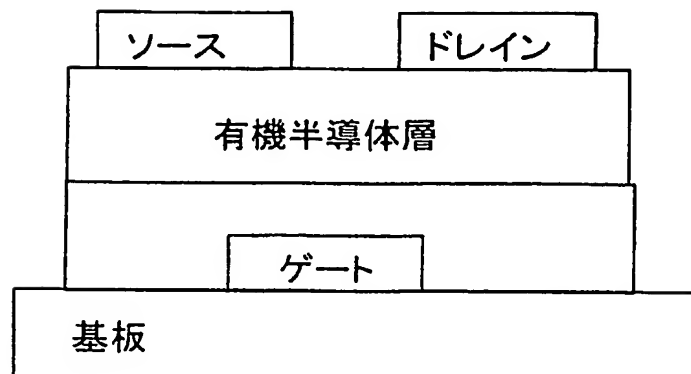
(式中、 R_{71} は水素原子又は置換基を表す。 Z_7 は5員環又は6員環を形成する基を表す。)

図 1



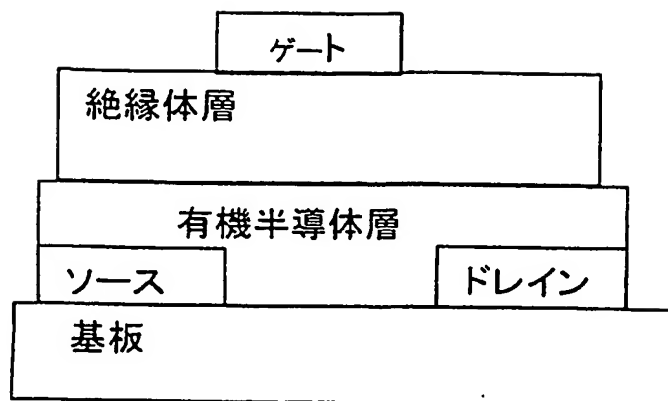
素子 A

図 2



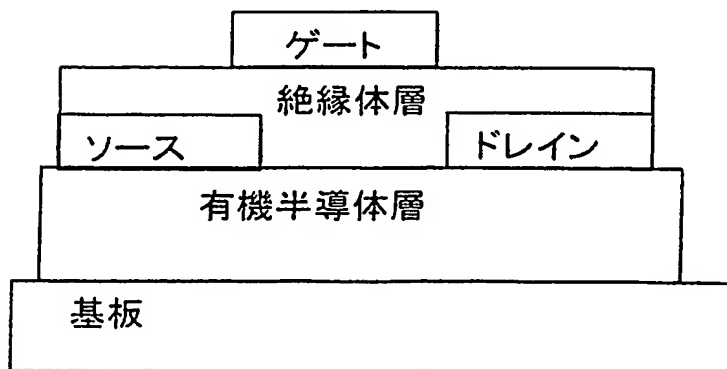
素子 B

図 3



素子C

図 4



素子D

図 5

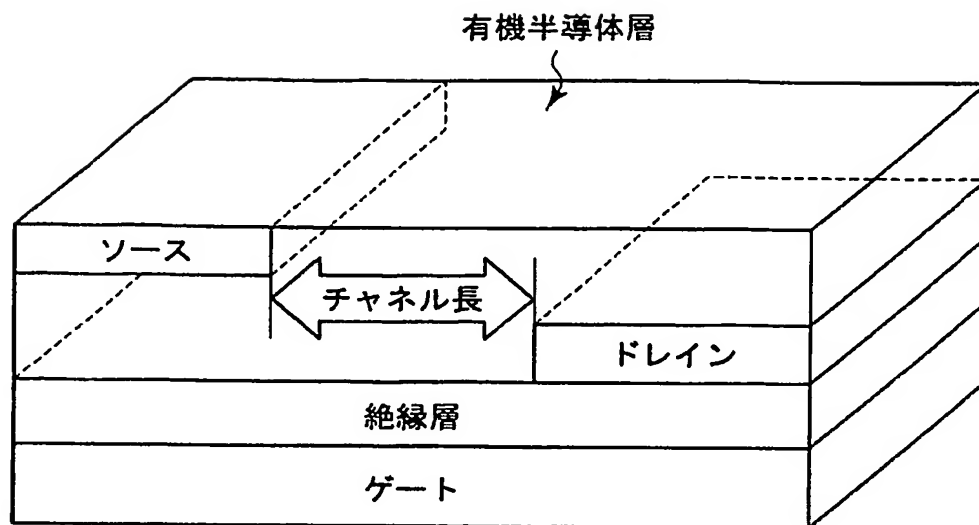


図 6

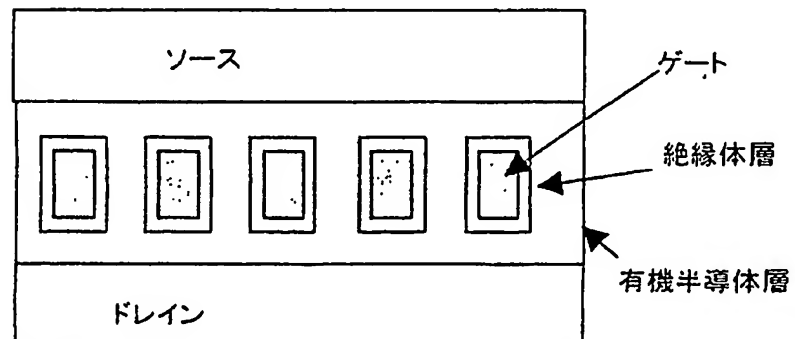


図 7

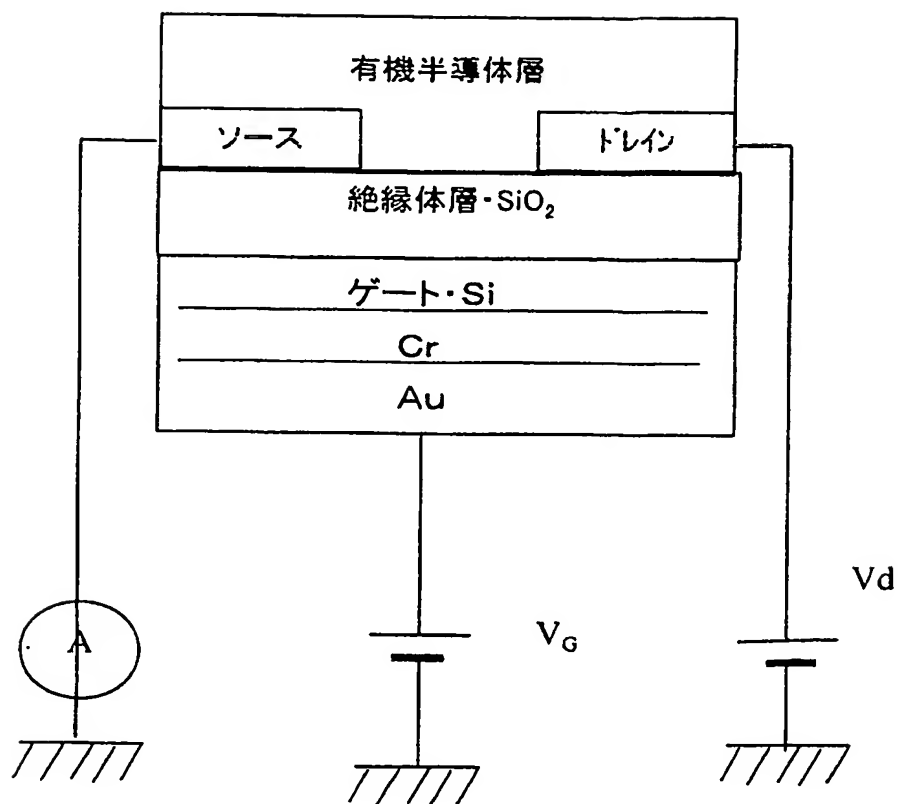
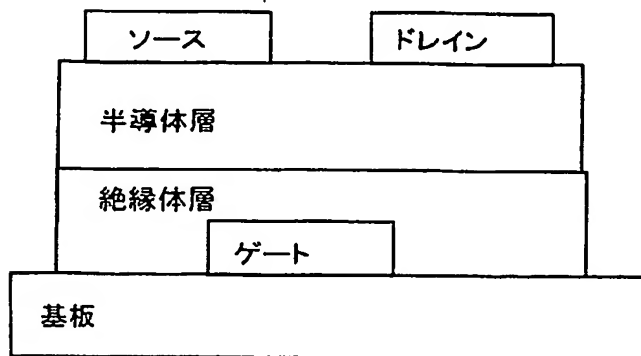


図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00, C07D471/04, C07D487/04, C07D498/04, C07D519/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00, C07D471/04, C07D487/04, C07D498/04, C07D519/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
CA (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-100420 A (Konica Corp.), 05 April, 2002 (05.04.02), Full text (Family: none)	1-8
A	JP 2000-282022 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 10 October, 2000 (10.10.00), Full text (Family: none)	1-3, 6, 8
A	JP 2002-231325 A (Konica Corp.), 16 August, 2002 (16.08.02), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 January, 2005 (11.01.05)

Date of mailing of the international search report
01 February, 2005 (01.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00,
C07D 471/04, C07D 487/04, C07D 498/04,
C07D 519/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00,
C07D 471/04, C07D 487/04, C07D 498/04,
C07D 519/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2005年
日本国登録実用新案公報 1994-2005年
日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CA (STN)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-100420 A (コニカ株式会社) 2002. 04. 05, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2000-282022 A (富士写真フイルム株式会社) 2000. 10. 10, 全文 (ファミリーなし)	1-3, 6, 8
A	JP 2002-231325 A (コニカ株式会社) 2002. 08. 16, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1, 8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 2005

国際調査報告の発送日

01. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 園子

4M

3123

電話番号 03-3581-1101 内線 3462